5e Année — N° 25 — Février 1938

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois

SOMMAIRE

Ciels de la France d'Outre-Mer.
Observations et études actinométriques au Maroc.
L'acclimatement de l'Européen en A. O. F.
Climatologie dynamique de l'Afrique du Nord.
Isothermes mensuelles provisoires de l'eau de mer au large des côtes du Maroc.
Concentration de l'ion hydrogène dans les pluies à Fort-de-France.
Lignes de déviation magnétique en Afrique tropicale française.
Notes et informations.
Bibliographie.

LIBRARY DEC 2 1940 59857 WEATHER BUREAU

PARIS Ve
LAROSE ÉDITEUR
11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro : 9 francs

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,

11, Rue Victor-Cousin, PARIS (Ve)

-:- Téléphone : Odéon 32-70 -:-

Chèques postaux : Paris 428.81

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

(6 numéros)

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. . . 50 francs.

ETRANGER . . . . . 60 francs.

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

Prix des collections 1934, 1935 et 1936, l'une. . . . . 60 francs.

Prix du N° isolé de ces collections. . . . . 12 francs.

Tous droits de reproduction réservés

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer sont publiées sous les auspices du *Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies*, et sous la direction de M. Henry Hubert, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

Les numéros de l'année 1937 sont publiés à l'aide d'une subvention de la Fondation Loutreuil (Académie des Sciences) et de subventions officielles.

J. AURICOSTE

Horloger de la Marine de l'État ;
de l'Observatoire du Bureau des Longitudes
et du Service Géographique de l'Armée

10, Rue La Boëtie, PARIS

Téléph. Anjou 25-60

Études
Projets
et
Devis
gratuits
sur demande

Installations
de
Centres Horaires
—
Distribution
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION
:-: PENDULES ASTRONOMIQUES :-:
:-: CHRONOMÈTRES DE MARINE :-:
CHRONOGRAPHES-COMPTEURS
:-: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE :-:
Construction — Réparations

Observations et études actinométriques au Maroc [1]

L'organisation des observations actinométriques a été l'une des premières tâches que s'est proposé le Service de Physique du Globe et de météorologie de l'Institut scientifique chérifien lorsqu'il a été constitué en 1931.

Des observations régulières ont été effectuées :

Depuis 1933 *au service central à Casablanca* ; la station est placée sur la terrasse de l'immeuble occupé par le Service, à la hauteur d'un septième étage, soit à 30 mètres environ au-dessus du niveau de la mer. L'immeuble est situé près du port ; la terrasse où sont faites ces observations était bien dégagée jusqu'au début de cette année, où de nouveaux immeubles beaucoup plus élevés sont venus gêner les observations.

Depuis 1935 *à l'Observatoire Averroès*, près de Berréchid (Chaouïa), à une quarantaine de kilomètres à vol d'oiseau de Casablanca.

Depuis cette année (1937) *à la station d'Ifrane* dans le Moyen-Atlas, à 1700 mètres d'altitude.

Ces trois stations sont situées sensiblement à la même latitude (33°), mais sont placées dans des conditions très différentes. Celle de Casablanca n'est qu'à quelques centaines de mètres du littoral ; celle de l'Observatoire Averroès, à quarante kilomètres de la côte, échappe déjà aux influences océaniques (brumes et brouillards) ; celle d'Ifrane enfin est une station d'altitude. Elles permettront donc des comparaisons intéressantes.

Nous décrivons brièvement dans ce mémoire l'organisation des observations et nous signalons les études auxquelles elles ont donné ou donnent lieu.

I. — Observations

Les mesures suivantes sont faites régulièrement dans les trois stations :

— Durée de l'insolation ;

— Intensité de la radiation solaire (à l'incidence normale) ;

— Intensité de la radiation « globale » (radiation solaire et radiation diffusée par l'atmosphère reçues sur un plan horizontal).

L'étalon adopté pour ces mesures est un pyrrhéliomètre d'Abbot à disque d'argent, construit et étalonné par la « Smithsonian Institution ». Tous les autres instruments lui sont comparés et les intensités sont exprimées dans l'échelle dite de la « Smithsonian Institution ». Il est actuellement conservé à la station de Casablanca qui fonctionne comme station centrale et station d'étalonnage (ce sera plus tard l'Observatoire Averroès).

L'Observatoire Averroès possède comme appareil à lecture directe un pyrhéliomètre d'Angström, périodiquement comparé à l'appareil d'Abbot et qui n'est considéré que comme un étalon secondaire.

En outre, l'intensité du rayonnement solaire est enregistrée aussi souvent que les circonstances atmosphériques le permettent, à l'aide de pyrhéliographes à pile thermo-électrique du type Moll-Gorczynski, étalonnés eux aussi par comparaison avec l'Abbot.

A Ifrane nous n'avons pu disposer jusqu'à présent que d'un pyrhéliomètre Gorczynski à pile de Moll, dont la sensibilité et la précision laissent un peu à désirer.

L'intensité de la radiation globale est déduite des enregistrements de solarigraphes Gorczynski. Nous y avons joint à Averroès un totaliseur électro-chimique de milliampères qui donne directement les totaux journaliers (approximativement et en admettant quelques hypothèses sur les conditions d'absorption de la pile). A Casablanca, des constructions voisines récentes ont apporté une forte gêne à ces mesures et nous ont contraint à les interrompre.

La radiation diffusée par l'atmosphère peut être calculée à l'aide des résultats des mesures précédentes, mais la précision est faible ; aussi installons-nous à Averroès un dispositif thermo-électrique destiné à la mesure de la radiation diffusée seule.

Enfin des mesures des radiations de grande longueur d'onde du sol et de l'atmosphère (radiation effective, radiation nocturne) sont faites alternativement à Casablanca et à Averroès.

Les appareils employés sont un pyrgéomètre

(1) Mémoire présenté au Congrès de la Recherche Scientifique dans les Territoires d'Outre-Mer. Paris, septembre 1937.

d'Ansgtröm et un pyrgéomètre enregistreur que nous avons nous-même mis au point sous la direction de M. Maurain, à l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris.

II. — Etudes diverses

Ces mesures nous ont conduit à entreprendre diverses études dont la plupart sont en cours.

Nous nous sommes d'abord occupé des variations périodiques du rayonnement solaire et de son absorption par l'atmosphère. Résumons les résultats déjà obtenus :

La variation annuelle du rayonnement reçu à l'incidence normale au voisinage du sol est très faible. C'est même souvent en hiver (décembre, janvier) que se produisent les maxima absolus. Cela tient à la forte transparence de l'air pendant la saison froide : le soleil est plus bas et l'épaisseur atmosphérique traversée plus grande qu'en été, mais la pureté de l'air compense la différence de trajet.

On constate d'ailleurs de grandes fluctuations de l'intensité du rayonnement ou de la transparence d'un jour à l'autre. Nous avons pu les lier à la circulation troposphérique. Les masses d'air d'origine polaire sont froides, sèches et très transparentes ; les masses d'origine tropicale sont chaudes, humides et beaucoup plus opaques.

On doit remarquer ici qu'une définition de la transparence ne va pas sans difficulté. La loi de variation de l'absorption d'un rayonnement polychrome traversant un milieu doué d'absorption sélective est complexe. La loi exponentielle de Bouguer :

$$I = I_0\, p^m = I_0\, e^{-am}$$

où I_0 est l'intensité avant toute absorption,
I l'intensité modifiée par l'absorption,
p un facteur de transparence,
a un coefficient d'opacité,
m l'épaisseur traversée,
e la base des logarithmes népériens,

ne s'applique plus. Si l'on ne veut pas introduire d'hypothèse, il faut n'utiliser que des mesures d'intensité faites pour une hauteur donnée du soleil, c'est-à-dire pour une épaisseur atmosphérique traversée bien déterminée.

Différents auteurs ont proposé des définitions de l'opacité que nous avons utilisées. Linke (1) écrit la loi d'absorption sous la forme suivante :

$$I_m = I_0\, e^{-\alpha T m}$$

où α est le coefficient d'absorption correspondant à la diffusion moléculaire,
et T un facteur représentant le *trouble* apporté à cette absorption constante par l'absorption sélective des différents gaz : CO^2, O^3, vapeur d'eau.

Feussner et Dubois ont indiqué un nouveau mode de calcul de ce facteur de trouble (Trübungsfactor).

A. Angström (1) écrit :

$$I_{m\lambda} = I_{0\lambda}\, e^{-(a+\alpha+\beta)m}$$

où a, α, β sont les coefficients d'absorption dus à l'absorption sélective, à la diffusion moléculaire, à la diffusion par les particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère. Il définit ainsi un « coefficient de trouble » β (turbidity coefficient) dû à ces particules (brume, poussières).

L'emploi de « filtres » colorés peut permettre de séparer les différentes sortes d'absorption. En étudiant par exemple les variations de l'intensité dans une région où se trouvent de grandes bandes d'absorption de la vapeur d'eau on peut « doser » son influence. On détermine l'effet de la diffusion en étudiant l'absorption pour les courtes longueurs d'onde, où elle est surtout importante.

Sans insister ici sur ces méthodes, disons que ces facteurs ou coefficients d'opacité ou de trouble caractérisent bien les masses troposphériques et peuvent être utilisés pour leur diagnostic.

Voici à titre indicatif les valeur moyennes que nous avons obtenues pour ces coefficients :

Masses d'air	T	β
Tropical continental	5,0	0,150
Tropical maritime	3,9	0,089
Polaire maritime	2,9	0,044
Polaire continental	2,7	

Nous avons également rattaché à l'étude de ces phénomènes d'absorption l'étude des rayonnements émis ou diffusés par l'atmosphère.

L'intensité de la radiation primaire émise par l'atmosphère (constituée surtout de grandes longueurs d'onde en raison de la température des corps émetteurs) dépend de la quantité de vapeur d'eau, d'ozone, de gaz carbonique que contient l'air (ces gaz étant ceux qui possèdent de fortes bandes d'absorption dans les grandes longueurs d'onde). Les variations de cette intensité semblent dues surtout

(1) F. Linke : Transmissionskoefficient und trübungsfactor *Beitr. Z. Phys. d. fr. atmos.*, B. 10, 1922.
K. Feussner et P. Dubois : Trübungsfactor, precipitable water, staub. *Gerl. Beitr. Z. Geoph.* B. 27 H. 2 (p. 132) ; 1930.

(1) A. Angström : On the atmospheric transmission of sun radiation. *Geografiska Annaler* XI. 2 (p. 156), 1929, et XII. 2 (p. 130), 1930.

aux variations de la teneur en vapeur d'eau (1), mais les variations des quantités d'ozone n'ont sans doute pas un effet négligeable (2).

L'intensité et la composition spectrale de la radiation diffusée dépendent au contraire principalement de la pollution atmosphérique. A la diffusion moléculaire se superpose celle beaucoup moins sélective des particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère (poussières, brumes). Nous avons d'abord cherché une relation entre le coefficient de trouble (β) dû aux diffusions parasites (non moléculaires) et la couleur du ciel évaluée suivant une échelle colorimétrique empiriquement graduée (échelle de Linke). Puis, pour préciser cette relation, nous avons entrepris l'étude de la radiation diffusée avec une cellule photo-électrique munie de divers « filtres » colorés.

On voit que ces études peuvent ouvrir un vaste champ de recherches ; on voit aussi comment elles peuvent se rattacher à la météorologie dynamique.

Il serait très intéressant, nous semble-t-il, de leur associer des mesures directes de la teneur en poussières (3) et des mesures d'ionisation atmosphérique (compteurs d'ions, de gros ions, conductibilité).

---

(1) Les mesures d'humidité effectuées près du sol (dans les conditions habituelles) n'indiquent pas la quantité de vapeur d'eau des couches supérieures. Le gradient de l'humidité varie suivant l'origine des masses d'air. Les échanges thermiques par rayonnement entre le sol et l'atmosphère en sont profondément modifiés ; il en résulte que par ciel clair l'amplitude de la variation diurne de la température est bien plus grande dans l'air polaire que dans l'air tropical. Nous avons pu le mettre en évidence dans une étude sur les gelées et les gelées blanches.

(2) Comme l'ont montré les mesures de Barbier, Challonge et Vassy. Ces observations laissent supposer que toutes les variations de transparence ne sont pas dues à des phénomènes atmosphériques. Les observations qu'effectue en ce moment à Ifrane M. Vassy présenteront à ce sujet un grand intérêt.

(3) Nous les avons commencées avec un compteur d'Owens, mais il serait bon de pouvoir en effectuer au cours de sondages en avion où l'on déterminerait aussi la température et l'humidité absolue.

Bibliographie actinométrique

J. Debrach. — *Premières observations actinométriques effectuées au Maroc.* « Assoc. fr. pr l'av. des sciences, 58e session. C. R. du congrès de Rabat, p. 97, 1934 ».

J. Debrach et G. Bidault. — *Les gelées nocturnes sur le littoral marocain.* « Assoc. fr. pr l'av. des sciences. 58e cession. C. R. du congrès de Rabat, p. 88, 1934 ».

J. Debrach. — *Mesures et enregistrements de la radiation solaire à Casablanca.* « Mém. Soc. Sc. Nat. du Maroc, no XLI, p. 63, 1935 ».

J. Debrach et G. Bidault. — *Types de temps d'hiver favorables aux gelées.* « Mém. Soc. Sc. Nat. du Maroc, no XLI, p. 67, 1935 ».

J. Debrach. — *Note préliminaire sur les Variations de la transparence de l'atmosphère pour le rayonnement solaire à Casablanca.* « Assoc. fr. pr l'av. des sciences, 59e session. C. R. du congrès de Nantes, p. 254, 1935 ».

J. Debrach. — *Le rayonnement solaire et le Climat.* « C. R. du congrès d'Horticulture, p. 166. La Terre Marocaine. Rabat, 1936 ».

J. Debrach. — *Sur l'absorption du rayonnement solaire dans les masses d'air de différentes origines.* « Congrès des Soc. Savantes de l'Afr. du Nord. Revue Africaine, nos 368-369, 1936 ».

J. Debrach. — *Les facteurs actinométriques du climat (Le rayonnement solaire au Maroc).* « Maroc médical, no 175, p. 1, 1937 ».

J. Debrach. — *Remarques sur le bleu du ciel, le trouble atmosphérique et la visibilité.* « Ann. Phys. du globe de la France d'outre-mer, no 21, p. 70, 1937 ».

J. Debrach,

Géophysicien à l'Institut scientifique chérifien.

L'acclimatement de l'Européen en Afrique Occidentale Française

I. — Généralités sur l'acclimatement

L'Européen trouve les conditions climatiques les plus favorables à son existence dans les régions tempérées ou froides.

Par contre, les cas d'appauvrissement de l'organisme de l'Européen sont nombreux dans les pays tropicaux. On peut remarquer, d'ailleurs, que dans la répartition des races à la surface du globe, les plus attardées sont généralement localisées dans les pays chauds. L'adaptation de l'Européen transplanté dans de tels pays ne se fait donc pas sans lutte, et ceci parfois au détriment du développement physique. Lorsqu'il s'agit d'un enfant ou d'un être jeune, cette lutte dans un milieu défavorable peut laisser une empreinte ineffaçable. Il est certain, en effet, qu'un enfant réagit plus profondément à un changement de climat, et le travail d'adaptation ainsi fourni peut entraîner chez lui des perturbations persistantes. Pour l'adulte, il faut une action plus prolongée pour produire des transformations durables.

De ce qui précède, il ne s'ensuit pas qu'un climat réputé défavorable soit toujours néfaste aux individus qui y sont soumis. Il y a, au contraire, de nombreux cas où des conditions d'existence plus rudes augmentent l'énergie morale et la résistance physique. Aussi y a-t-il intérêt, comme on compte le faire ici, à examiner, dans les différentes régions de l'A. O. F., les éléments climatiques paraissant avoir le plus d'importance au point de vue de l'habitabilité pour les Européens.

Pour cette étude, nous considérerons le climat d'une région déterminée comme étant « l'état le plus habituel de l'atmosphère en cette *région*, cet état étant considéré au voisinage du sol et au cours des différentes périodes successives de l'année » (1).

Cela implique qu'on ne doit pas se contenter de chiffres moyens annuels, mais faire un examen détaillé portant sur des variations mensuelles et même journalières, étudier l'influence particulière de chaque facteur météorologique qui, par sa seule présence plus ou moins permanente, rendra l'adaptation plus ou moins facile.

II. — Utilité des climogrammes

Nous avons établi, pour les différentes régions de l'A. O. F., des climogrammes d'une certain nombre de stations météorologiques. Ces climogrammes sont simples, puisqu'on ne fait intervenir que deux éléments. Ils sont néanmoins suffisamment précis et explicatifs pour faire apparaître la plus ou moins facile adaptation de l'Européen dans les différents climats de l'A. O. F.

Depuis de nombreuses années, le fonctionnaire colonial n'hésite plus à s'expatrier avec sa famille. De même, les colons, les commerçants, s'établissent pour de longues années dans les climats tropicaux. Il ne sera donc pas inutile de faire connaître, non seulement les différentes saisons, les différents mois, mais aussi les différentes heures de la journée au cours desquelles l'organisme se trouve dans des conditions à peu près identiques à celles des régions tempérées.

III. — Méthode adoptée pour l'établissement des climogrammes

Nous n'avons fait intervenir que deux facteurs du climat : la température et l'état hygrométrique. Les autres éléments qui interviennent dans l'allure du climat peuvent être déduits de la connaissance de ces deux premiers. Par exemple une augmentation d'humidité indique la présence d'un vent plus humide (mousson, par ex.). C'est le contraire pour un vent sec (harmattan). De même, connaissant les variations d'humidité et de température, on peut déduire celles de l'évaporation, etc...

Ce sont d'ailleurs les variations de l'humidité et de la température qui influent le plus sur l'organisme humain.

Jusqu'à présent, on a établi les différents climogrammes en ne faisant intervenir que les moyennes (climogrammes d'Azzi). Par exemple, pour un mois donné on considérait la température et l'humidité moyennes de ce mois.

(1) On reprend ici, en l'élargissant, la définition de M. H. Hubert : Classification des climats des colonies françaises de la zone tropicale (*Ann. Phys. gl. France d'outre-mer*, 1934, n° 2). M. Hubert définit le climat en partant d'un *point* géographique et en élargissant ensuite à toute une région les renseignements relatifs à ce point. Pour les questions pratiques traitées ici, il a paru suffisant de prendre directement les caractéristiques climatiques de chaque *région*.

Il semble qu'une telle méthode n'est pas suffisamment précise. En effet, ces deux chiffres moyens définissent *la journée moyenne* du mois ; or, le chiffre représentant la température moyenne de cette journée, se place à une certaine heure qui n'est pas celle de l'humidité moyenne.Par suite, la combinaison de la température moyenne et de l'humidité moyenne aboutit à quelque chose de non réalisé et la combinaison de la température et de l'humidité de l'heure correspondant à la moyenne thermique n'aboutit plus à une moyenne.

Par ailleurs, une telle méthode néglige les variations diurnes de ces deux facteurs et c'est cependant là, à notre avis, l'élément essentiel, au point de vue climatique.

Supposons, en effet, que les chiffres moyens du mois de janvier d'une certaine région, soient : 25° de température et 35 % d'humidité. Ce sont là des conditions très éloignées de celles des régions tempérées. Mais les moyennes de 25° et 35 % peuvent résulter d'extrêmes moyens : de 15° (minimum) et 35° (maximum) d'une part, et de 60 % (maximum) et 10 % (minimum) d'autre part. Ce sont là des conditions souvent réalisées dans les régions soudanaises ; or elles comportent, on le voit, au lever du soleil, une température de l'ordre de 15° et une humidité de l'ordre de 60 %, c'est-à-dire des valeurs analogues à celles des régions tempérées à certaines heures de certains mois.

La méthode des moyennes indiquerait donc qu'un tel mois de janvier est toujours différent d'un climat tempéré, c'est-à-dire défavorable à l'acclimatement ; tandis qu'en réalité, chaque jour de ce mois présente quelques heures au cours desquelles l'organisme récupère les forces perdues et se regénère.

Chacun des climogrammes établis comportent cinq graphiques : le premier correspond au minimum de température et au maximum d'humidité c'est-à-dire pratiquement au lever du soleil ; ensuite, les graphiques de 8, 10, 12 heures, et un dernier graphique qui correspond au maximum de température et au minimum d'humidité (graphique de 14 heures). On peut admettre que, dans la deuxième partie de la journée, on repasse dans des conditions comparables, à une vitesse différente toutefois. Il n'a d'ailleurs pas été jugé utile de présenter des graphiques pour cette deuxième partie de la journée, ce qui aurait compliqué inutilement le dessin.

Nous avons pris comme climogramme type de l'Européen, celui du Parc Saint-Maur, d'après les moyennes publiées par l'Office National Météorologique. Sur chaque climogramme colonial, nous avons inscrit la partie la plus voisine du climogramme du Parc Saint-Maur (1). (Voir figures pages 11 à 17).

IV. — Conditions d'habitabilité en A. O. F.

La classification des différents climats de l'A. IO. F. a été donnée par M. H. Hubert dans les *Annales de Physique du Globe de la France d'outre-mer* (nos 2 et 3). L'analogie d'ensemble des courbes des différentes stations météorologiques, ainsi que la position des points d'inflexion de ces courbes, permettent non seulement cette classification, mais aussi la détermination précise de la nature et de la durée des différentes saisons. Il n'est pas possible, dans cette étude, d'apporter la même exactitude en ce qui concerne l'acclimatement. Le petit nombre des stations étudiées ne permet de considérer que des régions très vastes, et par suite le groupement en un seul de deux ou trois climats suffisamment voisins pour présenter les mêmes conditions d'habitabilité. Par exemple, les climats guinéen, soudanien méridional et soudanien septentrional constitueront, au point de vue de l'acclimatement, un seul climat : le soudanien.

Nous adopterons donc, pour cette étude, une classification plus générale, indiquée également par M. Hubert dans un mémoire plus ancien (2) soit :

Climat subcanarien,
Climat libério-dahoméen,
Climat soudanien,
Climat sahélien,
Climat saharien,
Climat foutanien.

Au point de vue des régimes thermiques, ces différents climats sont parfaitement distincts. L'examen des courbes, représentées dans les *Annales de Physique du Globe*, fait ressortir avec précision, par la position des points d'inflexion, non seulement l'allure de chacune des saisons, c'est-à-dire la variation d'un climat déterminé dans le temps, mais aussi, par le changement de position de ces points, la variation du climat dans l'espace.

Exemple : les deux saisons des pluies de la côte du Golfe de Guinée apparaissent nettement sur les courbes des stations de cette région ; on observe ensuite, en se déplaçant vers le Nord, le rapprochement, puis la confusion de certains points d'inflexion,

(1) Il serait intéressant de faire les mêmes rapprochements avec des Stations du Sud de la France. On obtiendrait probablement des coïncidences encore plus marquées.

(2) *Nouv. Et. sur la Météor. de l'A. O. F.*, Paris, 1926.

à mesure que la station des pluies devient unique.

Cette différenciation des climats peut se trouver complétée par la nature du régime des vents dominants. En considérant comme vent dominant celui qui se manifeste pendant la période de l'année la plus longue on retrouve les mêmes divisions que précédemment : climat de l'alizé (subcanarien et saharien), climat de la mousson (libério-dahoméen), climat de l'harmattan (soudanien et sahélien).

Les régions dont le régime thermique est relativement stable sont celles soumises à l'influence de la mousson, où, en moyenne, les variations annuelles se localisent entre 20° et 30°. Ce sont des climats où la période dite « sèche » ne l'est que comparativement au reste de l'année qui est très humide. L'humidité atmosphérique absolue et relative reste constamment élevée. Les écarts thermiques augmentent à mesure qu'on s'éloigne des côtes du Golfe de Guinée, et que le régime continental tend à occuper une période de plus en plus longue de l'année. Le climat opposé à celui de la mousson est le sahélien (1) : la température y oscille en moyenne entre 15° et 40° au cours de l'année. La lutte de l'organisme est donc totalement différente dans les deux cas. Dans le dernier, il faut non seulement lutter contre la sécheresse, mais aussi contre une température élevée. Mais nous verrons que cette lutte est plus facile à soutenir par des moyens artificiels que celle contre une humidité trop forte.

Au-dessus d'une certaine valeur permanente de l'humidité, l'acclimatement serait impossible. Mais les valeurs très élevées ne se produisent qu'exceptionnellement à certaines saisons et dans certaines régions. Tout colonial a pu se rendre compte de la lutte particulièrement pénible contre le milieu au cours de certaines journées orageuses où la tension de la vapeur d'eau atteint de hautes valeurs.

Il est d'ailleurs reconnu que l'appareil sudoripare de l'Européen est beaucoup moins actif que celui de l'individu de race noire. Or, comme l'émission de la sueur est le seul moyen de défense de l'organisme contre l'élévation de la température interne, un accroissement important de l'humidité de l'air met cet organisme en déséquilibre physiologique. Les Européens appelés à faire de longs séjours dans des régions à humidité élevée doivent, par suite, s'entourer de précautions particulières, et sont obligés d'activer l'évaporation cutanée par une ventilation énergique.

Par contre, dans les régions septentrionales sèches, une humidité trop basse entraîne une évaporation cutanée trop forte pouvant conduire à la deshydratation organique. Il faut compenser la perte d'eau par une grande absorption de liquide.

Néanmoins ces dernières régions, du fait de leur sécheresse, sont soumises à de très grandes variations journalières de température, et l'organisme de l'Européen supporte mieux de tels climats — même si la température dans ses variations atteint des valeurs très grandes (et ceci en dehors de toute variation d'humidité absolue) — que des climats, moins chauds, mais dont l'humidité est constamment élevée (1).

Au point de vue des possibilités d'adaptation, les variations de la température et de l'humidité interviennent aussi bien pour l'acclimatement animal que végétal, et soulèvent de ce fait le grave problème de l'alimentation. Dans les régions où l'humidité est toujours très élevée ou toujours très basse, la culture des légumes est presqu'impossible, ou tout au moins n'est réalisable que pendant une période très courte de l'année. A Gao, par exemple, il n'est possible d'avoir de légumes frais que pendant trois ou quatre mois au plus ; or, c'est là cependant une alimentation essentielle pour un organisme affaibli.

De même, ces variations interviennent directement dans le développement des insectes susceptibles de véhiculer des maladies. Les pays à forte humidité sont en effet les plus dangereux car les moustiques y pullulent toute l'année. Dans les régions nord-soudanaises, par contre, ils sont inconnus pendant les mois de saison sèche.

Ceci montre que, dans toute question d'acclimatement, l'individu doit user de prudence et de précautions au cours de certaines saisons, journées, ou heures pénibles, et au contraire profiter largement des conditions atmosphériques lorsque celles-ci sont, même pendant un temps très bref, relativement proches de celles des régions tempérées.

a) *Climat subcanarien*

La région soumise à ce climat se limite à une bande littorale assez étroite du Sénégal et de la Mauritanie. Ce climat est représenté par les climogrammes de Dakar et de Saint-Louis. On voit que ce dernier est plus étendu, ce qui conduit à la remarque générale suivante : un climogramme est d'autant plus large que le climat est plus sec.

A Saint-Louis, l'action de l'harmattan, vent sec, est plus durable qu'à Dakar, où l'alizé frais et humide

(1) Le climat saharien n'étant pas examiné ici.

(1) Cette question a déjà été traitée par M. Hubert in *Nouvelles Etudes sur la Météorologie de l'A. O. F.* « Influence de la tension de la vapeur d'eau au point de vue biologique ».

souffle avec ses caractères propres pendant une période très longue. Le climat de Saint-Louis étant plus sec, les minima de température sont plus bas par suite d'un rayonnement nocturne plus intense. L'analogie avec le climat du Parc Saint-Maur est donc plus marquée.

A Saint-Louis, à partir du mois de décembre et jusqu'au début du mois de mars, on rencontre, entre 8 et 10 heures du matin, des conditions atmosphériques identiques à celles de Paris entre 8 heures et midi au cours des mois de juin, juillet, août et septembre. C'est vers 8 heures que les conditions sont optima ; puis, une élévation de la température et une diminution de l'état hygrométrique, transformant rapidement ces conditions. En janvier et février cet écart est assez faible, puisqu'au cours de ces deux mois, on peut observer, même à midi, un état atmosphérique semblable à celui des heures les plus chaudes de juillet et août à Paris.

Il est évident qu'on retrouve dans la soirée des conditions favorables, et ceci plus facilement dans les régions sèches où le refroidissement atmosphérique est très rapide dès le coucher du soleil.

On peut donc admettre qu'à Saint-Louis l'organisme de l'Européen trouve, chaque jour, et pendant près de quatre mois, quelques heures au cours desquelles il est dans un « climat de France ». La remarquable faculté de récupération de l'organisme lui permet alors de retrouver l'équilibre physiologique compromis par la dure période d'hivernage. Les conditions d'habitabilité sont donc relativement favorables dans un tel climat.

Elles le sont moins à Dakar où la présence, en saison sèche, de l'alizé plus humide, donne des valeurs nocturnes de l'état hygrométrique très élevées. On trouve, cependant, au cours des mois de janvier et février, entre 8 et 10 heures, des conditions semblables à celles de Paris, entre 8 heures et midi, au cours des mois juillet et août. Mais la période favorable est beaucoup plus courte qu'à Saint-Louis (2 mois contre 4) et les longs mois d'hivernage, tout en étant aussi chauds, sont plus humides, c'est-à-dire plus pénibles.

Aux époques où il n'existe aucune concordance, on remarque qu'il y a, pour le climat de l'alizé, simultanément excès de température et d'humidité (il n'en est pas toujours de même pour les autres climats). On ne doit donc considérer comme mois d'acclimatement facile que ceux au cours desquels on observe quelques heures de climat de Paris, même si, pendant le reste de la journée, l'écart est assez grand (décembre et janvier, par exemple). A Dakar et à Saint-Louis à partir d'avril, l'accroissement brusque de température élimine toute analogie. Ensuite, il y a en outre augmentation de l'humidité. C'est la période la plus pénible pour l'Européen.

b) *Climat libério-dahoméen*

Climogrammes de Conakry, Abidjan et Cotonou.

Il n'y a aucun point de contact avec le climogramme du Parc Saint-Maur. Ce sont des régions où la tension de la vapeur d'eau est constamment plus élevée. Même lorsqu'il y a accroissement sensible de la température, l'état hygrométrique ne baisse que très peu. Dans les périodes où la température se rapproche de celle des régions tempérées, l'humidité s'en éloigne fortement, et, inversement.

De tous les climats de l'A. O. F., c'est celui du littoral du Golfe de Guinée et une large bande intérieure, pays dominés par la mousson, qui est le plus défavorable à l'habitabilité de l'Européen. La lutte contre le climat et plus spécialement contre l'humidité dure toute l'année.

Les efforts physiques y entraînent une fatigue disproportionnée et des moments de dépression sont fréquents. Une ventilation artificielle, si elle augmente l'évaporation cutanée, n'apporte qu'un bien-être très relatif, et l'organisme reste constamment en déséquilibre. La brise de mer, souvent intense, assez fraîche, mais très humide, apporte cette sensation réconfortante, sans pour cela modifier les mauvaises conditions générales.

En examinant les climogrammes de Conakry, Abidjan et Cotonou, on se rend compte de l'influence de l'harmattan en saison sèche, influence qui diminue à mesure qu'on s'éloigne vers l'Est.

A Conakry, ce vent peut faire encore des apparitions assez fréquentes. Même s'il n'est pas régulier au sol, sa base se maintient à basse altitude. Il y a donc entre décembre et mai une période relativement sèche, les valeurs de l'humidité étant les mêmes que celles de Paris au cours des mois d'été. Il n'y a plus qu'un excès de température, et c'est justement à cette saison que cet excès est le plus faible. Pour le reste de l'année, les écarts sont beaucoup plus importants.

On retrouve les mêmes conditions à Abidjan. Par contre, à Cotonou, le climat est uniformément très éloigné, à n'importe quelle saison, des conditions atmosphériques de Paris.

c) *Climat soudanien*

Ce climat s'étend de la latitude de la Haute Guinée à celle de la partie moyenne de la boucle du Niger.

L'action dominante de la mousson diminue à mesure qu'on se déplace vers le Nord, et peu à peu c'est l'harmattan qui devient vent dominant, ou tout au moins c'est lui qui marque le plus de son empreinte l'allure générale du climat.

Nous avons représenté trois climogrammes de cette zone : celui de Kouroussa, dont le climat fait suite au libério-dahoméen ; puis ceux de Bamako et Niamey et dont le climat tend vers celui du Sahel.

On voit que l'acclimatement devient plus facile à mesure qu'on s'éloigne de la côte du Golfe de Guinée.

A Kouroussa, il y a déjà quelques concordances avec Paris : au cours des mois de décembre, janvier et février, on y observe en effet quelques moments, entre 6 et 8 heures du matin, où les conditions atmosphériques sont les mêmes qu'en France aux heures les plus chaudes des mois de juillet et août.

Par contre, dans les climogrammes de Bamako et de Niamey on trouve, pour les mois de novembre, décembre, janvier, février et mars, entre 6 et 8 heures, les mêmes conditions qu'en France en juin, juillet, août et même septembre entre 10 et 14 heures. Mais, aux heures chaudes, les conditions sont très éloignées, atteignant un écart de 15° de température en plus et 30 % à 40 % d'humidité en moins.

On constate aussi que, pour les régions continentales sèches, le rapprochement en *saison froide* a lieu aux heures proches du minimum de température, les heures des maxima étant les plus défavorables de l'année ; tandis qu'en *saison des pluies*, par suite du refroidissement de l'atmosphère, il y a un nouveau rapprochement, mais sans qu'on observe de grands écarts de l'état atmosphérique au cours de la journée. Ce qui revient à dire qu'en hivernage tous les climats se rapprochent du climat marin.

L'adaptation dans ces climats continentaux est néanmoins plus facile parce que les moyens de lutte sont plus nombreux et plus efficaces.

Un examen plus détaillé des climogrammes montre les écarts de plus en plus importants qu'atteint la température à mesure qu'on se rapproche des régions sahariennes. Cet écart augmente de deux façons : *a*) entre les différentes saisons ; *b*) dans les amplitudes journalières. Pour ce dernier cas, il n'est question que de la saison sèche. Pendant la saison humide, les écarts entre le minimum et le maximum n'excèdent pas 10°, tandis qu'en saison sèche, ils atteignent 15° à 20° à Kouroussa et Bamako et près de 25° à Niamey. Ces variations brusques se produisent aussi dans les changements de saisons. Le passage est d'autant plus rapide que le climat, dans son ensemble, est plus sec. C'est surtout le passage de la saison des pluies à la saison sèche qui est plus brutal.

A Kouroussa, l'action de l'harmattan atteint son maximum en février et mars, puis les premières pluies de l'hivernage augmentent rapidement l'humidité et diminuent la température (retour de la mousson). A Bamako, l'action de l'harmattan dure jusqu'en avril et à Niamey jusqu'en mai. Ce sont les périodes au cours desquelles la température et l'état hygrométrique sont, aux heures chaudes, très éloignées des conditions de France, mais c'est justement au cours de la même période — mais au moment du minimum de température — qu'on observe les concordances : il n'y a donc pas déséquilibre continu, et l'acclimatement s'en trouve facilité.

d) *Climat sahélien*

Climogramme de Gao.

C'est un climat presque désertique, à très courte saison des pluies. Le climogramme est très différent de celui du climat soudanien. Les saisons sont nettement délimitées.

A Gao, seule la saison sèche et froide, soumise à l'influence simultanée de l'harmattan et de l'alizé septentrional présente des concordances avec le climat de Paris. De septembre à avril, au moment du minimum de température, on trouve un état atmosphérique identique, à celui des mois d'été de Paris. Mais dès le lever du soleil, les conditions favorables diminuent rapidement. Bien que l'amplitude des variations journalières soit alors très grande, l'organisme de l'Européen résiste peu ; il s'adapte mieux en effet à un changement brutal qu'à des conditions très uniformes.

L'examen du climogramme de Gao corrobore les remarques relatives au Soudan. Les contrastes sont simplement plus marqués. L'action de l'harmattan dure 7 mois, marqués par une très forte amplitude diurne de la température, et, en saison des pluies, les écarts sont beaucoup plus importants que dans tout autre climat. Il y a cependant, de décembre à février, un refroidissement général de l'atmosphère, dû à l'influence de l'alizé. Pendant ces trois mois, l'organisme n'a à lutter que contre un excès de sécheresse, et les moyens efficaces de lutte sont nombreux. Mais, par contre, de mars à juin, la température croît fortement, elle reste élevée même au cours des nuits : c'est la période la plus pénible. La saison des pluies, beaucoup plus tardive que dans toute autre région, commence vers juillet, et à cette époque un accroissement d'humidité et une diminution de la température rapprochent un peu le climat de celui de Paris,

tout en conservant en excès de température. Cela est dû à ce que l'harmattan, même en saison des pluies, ne disparaît jamais complètement au sol et que son action sur l'état atmosphérique des couches basses est toujours sensible.

e) *Climat foutanien (montagneux)*

Il est nécessaire, pour les pays tropicaux, de tenir compte, en ce qui concerne l'acclimatement, de l'altitude. En A. O. F., elle intervient surtout dans tout le massif du Fouta Djalon. Le climat y est d'autant plus sain qu'on s'élève davantage en altitude.

Nous avons établi pour ce pays deux climogrammes : Mamou (700 m.) et Mali (1500 m.). Les différences concernant l'acclimatement sont considérables.

Il est évident que les régions intéressées par ces climogrammes sont très limitées. A Mali, l'acclimatement est facile : de 6 à 8 heures du matin, les conditions de France sont réalisées pendant plus de la moitié de l'année et le climat correspondant observé est celui de mai à septembre. Même en dehors de ces conditions particulièrement favorables, comme la température reste constamment assez basse, la lutte est néanmoins facile.

On remarque cependant que l'amplitude des variations, aussi bien de la température que de l'état hygrométrique, au cours de l'année, est plus importante à Mali qu'à Mamou. Ce dernier poste semble bien abrité par le relief contre l'action du vent d'Est, qui est le principal agent des variations brusques, et les changements des saisons y sont plus progressifs. Par contre, le climogramme de Mali montre bien, entre février et mars, l'incursion brusque de l'harmattan à cette saison. Cette action est sensible jusqu'en mai, et le passage à la saison des pluies est brutal. Il l'est aussi à la fin de cette saison à partir de novembre. Mais, là encore, les mois au cours desquels l'état atmosphérique des heures chaudes s'éloigne de celui de Paris, sont ceux où les matinées sont les plus favorables. De plus, pendant la saison des pluies, de juin à septembre, l'état atmosphérique se rapproche de très près de celui du mois d'août à Paris. Cette même saison des pluies à Mamou en est beaucoup plus éloignée.

V. — Conclusions

Il existe un climat nettement défavorable : c'est le climat libério-dahoméen. Viennent ensuite successivement : le climat soudanien, le climat sahélien, le climat subcanarien ; enfin, le climat foutanien.

Les mois, les jours, les heures, au cours desquels les concordances existent sont naturellement exactement opposés ; saisons sèches et froides et heures des minima de température pour la colonie, et saisons chaudes et heures des maxima de température pour la France.

Le « climat de Paris » persiste rarement chaque jours après 10 heures. Exceptionnellement dans les climats subcanarien et montagneux, pendant une courte période, il peut s'observer jusqu'à midi. Dans les climats soudanien et sahélien, l'analogie disparaît vers 8 heures.

Partout où ces concordances existent, on peut admettre qu'entre 5 et 8 à 9 heures du matin, l'organisme de l'Européen se trouve dans des conditions atmosphériques qui n'exigent de lui aucune lutte contre le climat. C'est une courte trêve dont il est nécessaire de retirer les bienfaits au maximum. Il paraît ainsi indispensable de réserver de préférence pour les heures du début de la matinée les manifestations de travail musculaire et de profiter aussi largement que possible de la fraîcheur de l'air qui existe à ce moment là. Combien de coloniaux, s'astreignant à cette habitude, connaissent cette sensation profonde de récupération des forces de l'organisme qu'on éprouve au cours de ces quelques heures.

Il est évident que les climogrammes présentés ici ne donnent qu'un premier aperçu de la question et ne font que traduire un état moyen de régions étendues. Il serait nécessaire de faire intervenir un plus grand nombre de stations de l'A. O. F. Il y aurait de plus intérêt à établir des comparaisons avec des stations situées en divers points de France.

L'expérience montre que l'Européen trouve dans son organisme des possibilités de résistance très grandes. Par ailleurs, les moyens de lutte mis à sa disposition sont de plus en plus nombreux et perfectionnés, principalement dans les grands centres. C'est en développant ces moyens de lutte, compte tenu des conditions particulières revélées par les climogrammes, qu'on pourra améliorer rapidement les conditions d'habitabilité des régions ayant fait l'objet de la présente étude.

A. Foissy,

Météorologiste du Gouvernement Général de l'A. O. F.

Climatologie dynamique de l'Afrique du Nord [1]

Les courbes de la pression barométrique en divers points de l'Afrique du Nord et du 35e parallèle, au voisinage du Maroc et de la Tripolitaine, montrent qu'une station comme Alger est soumise tantôt à l'influence océanique et tantôt à l'influence méditerranéenne avec prédominance de l'une ou de l'autre de ces influences suivant les époques.

Sur le graphique des pages 18 et 19, nous avons reporté les courbes de la pression barométrique, pour les années 1884 à 1908, à Alger (courbe A) et en deux points situés sur le 35e parallèle, le premier, à l'Ouest du détroit de Gibraltar, au croisement avec le 10e méridien Ouest (courbe O = Océan) et le second, au Sud de la Mer Ionienne, à la rencontre avec le 20e méridien Est (courbe M = Méditerranée). La courbe A provient des observations faites à l'Hôtel de Ville d'Alger. Les courbes O et M ont été calculées d'après les cartes de la « Deutsche Seewarte » de Hambourg.

On voit que, de 1884 à 1888, de 1895 à 1901 et à partir de 1908, la courbe A offre le même aspect que la courbe M alors que, de 1889 à 1894 et de 1902 à 1907, elle présente les mêmes accidents que la courbe O.

L'étude synoptique des anomalies de la pression barométrique annuelle en rapport avec les variations de l'activité solaire donne l'explication de cette alternance des régimes méditerranéen et océanique à Alger :

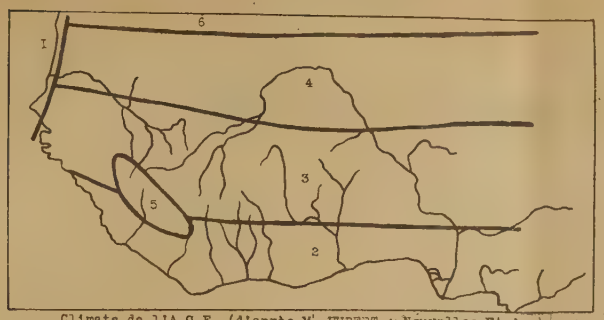
De 1884 à 1888, de 1895 à 1901 et à partir de 1908, le nombre des taches solaires étant en décroissance, les zones d'anomalies positives et négatives de la pression tournèrent, ainsi que nous l'avons montré (2), en sens inverse des aiguilles d'une montre, comme le font les perturbations autour d'une dépression stationnaire. Ces époques furent caractérisées par une plus grande activité de l'air polaire. Arrivant des régions arctiques, des zones d'anomalies positives, résultant de l'intégration dans le temps de nombreuses invasions d'air froid, descendirent, en tournant elles-mêmes « sinistorsum », du Groënland jusqu'à l'Afrique du Nord, par l'Océan Atlantique et furent précédées par des zones d'anomalies négatives. Le mouvement des domaines d'anomalies possédant une composante méridienne plus grande que la composante zonale, il en résulta des « coupures » dans la ceinture des hautes pressions subtropicales. La « cyclogénèse » fut plus intense. En particulier, à l'Est de l'anticyclone des Açores, un couloir dépressionnaire se forma fréquemment, réunissant la dépression islandaise à la dépression méditerranéenne. La pression s'affaiblit à Alger et sur la moitié orientale de l'Afrique du Nord en même temps que se creusait le minimum de la Méditerranée orientale. Puis, au moment de l'arrivée des noyaux d'anomalies positives par le Nord-Ouest de la Méditerranée, la pression remonta simultanément à Alger et à l'Est de la Méditerranée. Le Sud-Ouest de l'Europe, le Maroc et la partie de l'Océan Atlantique située au large de l'Afrique du Nord furent soumis à des variations de pression de même signe que le Nord-Est de l'Europe tandis qu'au Nord-Ouest de ce continent, les anomalies demeurèrent du même signe que celles de la Méditerranée orientale et de la partie Est de l'Afrique du Nord, Alger compris.

Par contre, de 1889 à 1894 et de 1902 à 1907, pendant les phases d'accroissement du nombre des taches solaires, les zones d'anomalies de la pression effectuèrent une rotation dans le sens des aiguilles d'une montre comme des perturbations autour d'un anticyclone stationnaire. Ces époques furent marquées par la prédominance d'activité de l'air tropical. Le mouvement des anomalies positives et négatives ayant une composante zonale supérieure à la composante méridienne, elles se disposèrent en plages étendues dans le sens des parallèles, depuis les Iles Açores jusqu'à la Sibérie occidentale en passant par l'Ouest de l'Afrique du Nord ; ces plages séparant des zones d'anomalies d'un signe opposé au leur et situées au Nord-Ouest de l'Europe et en Méditerranée orientale. La pression d'Alger subit alors les mêmes fluctuations que la pression de la zone atlantique subtropicale.

On retrouve presque toujours, d'une façon générale, une disposition en croix des anomalies, mais, pendant les périodes de décroissance de l'activité

(1) Mémoire présenté au Congrès de la Recherche Scientifique dans les Territoires d'Outre-Mer. Paris, septembre 1937.

(2) L. Petitjean : Activité atmosphérique et activité solaire. *Annales de Physique du globe de la France d'outre-mer*, nº 17, pp. 133-138. Oct. 1936, Paris.



Climats de l'A.O.F. (d'après M. HUBERT : Nouvelles Etudes)

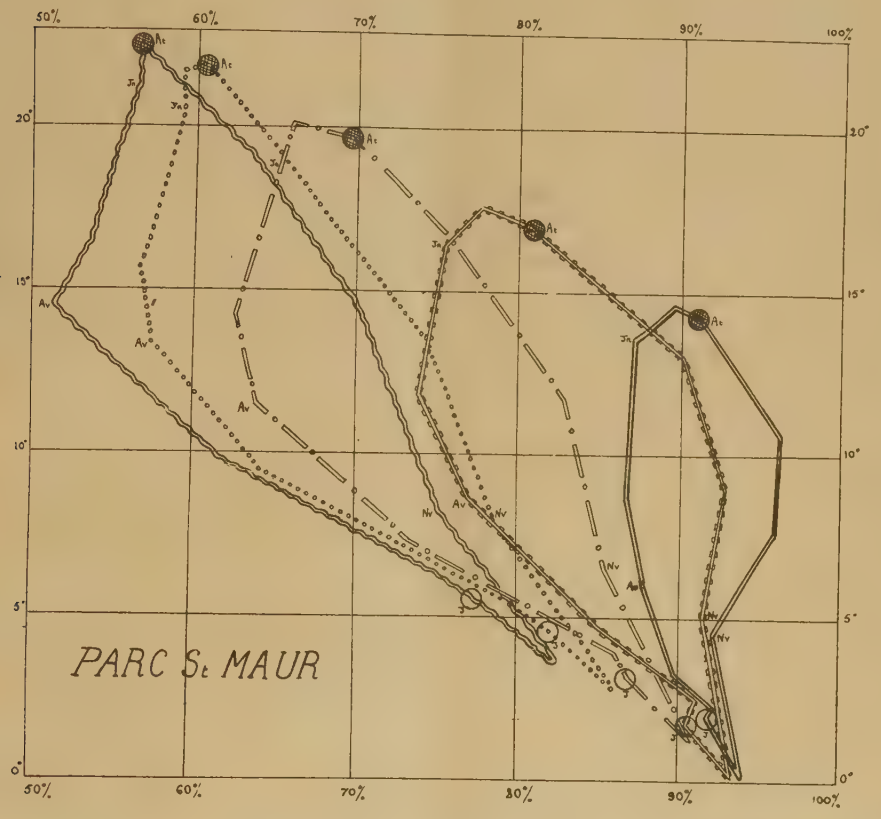
1. Climat subcanarien
2. Climat libéro-dahoméen
3. Climat soudanien
4. Climat sahélien
5. Climat foutanien
6. Climat saharien

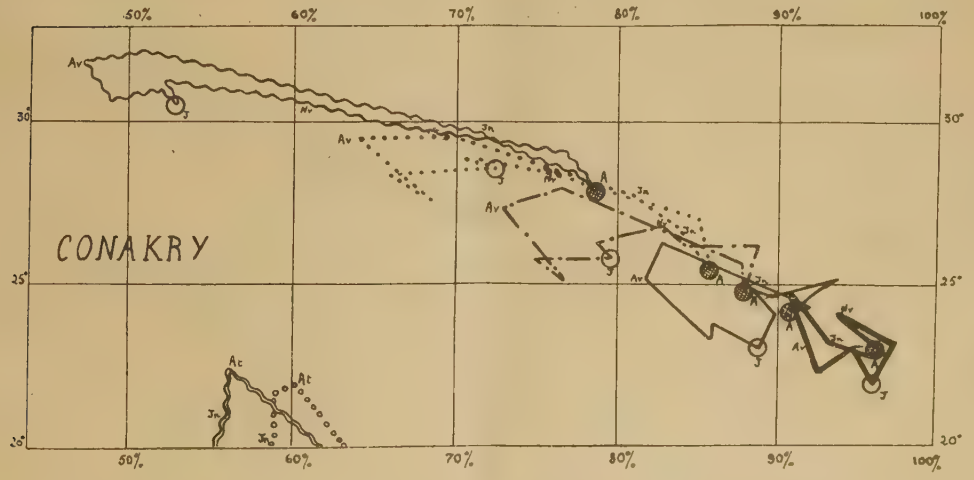
LEGENDE

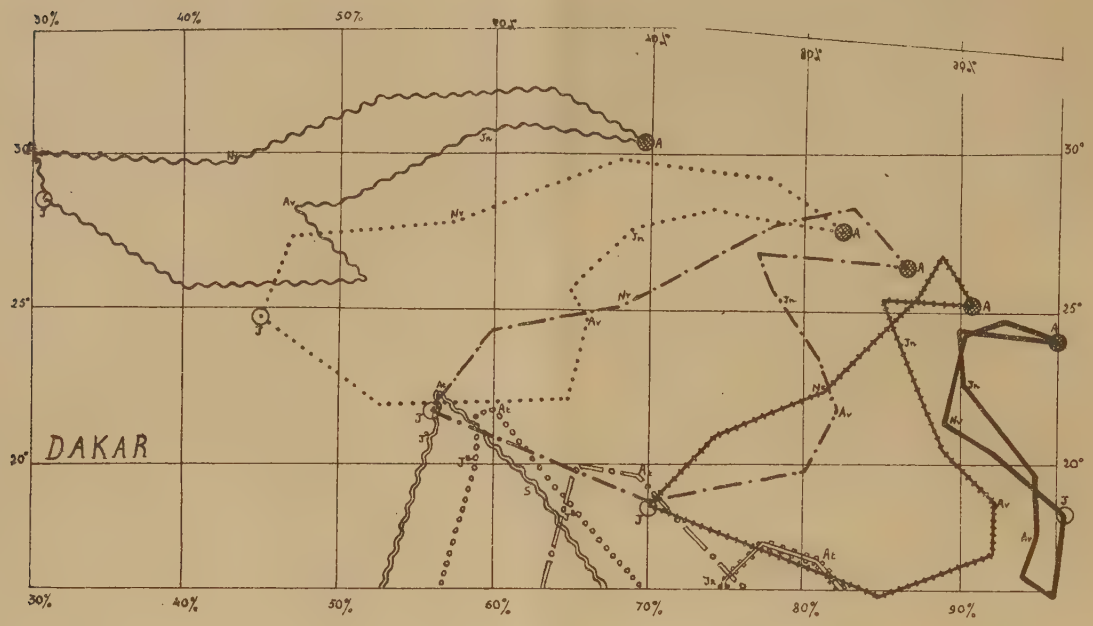
Parc Saint-Maur

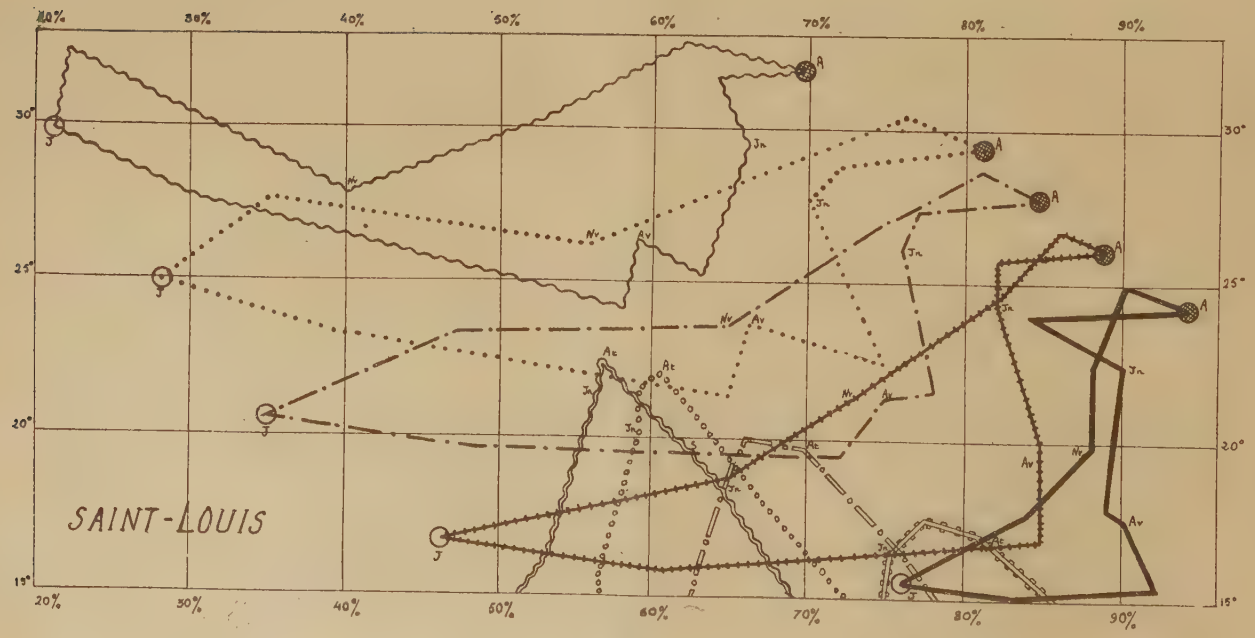
6 heures
8 heures
10 heures
12 heures
14 heures

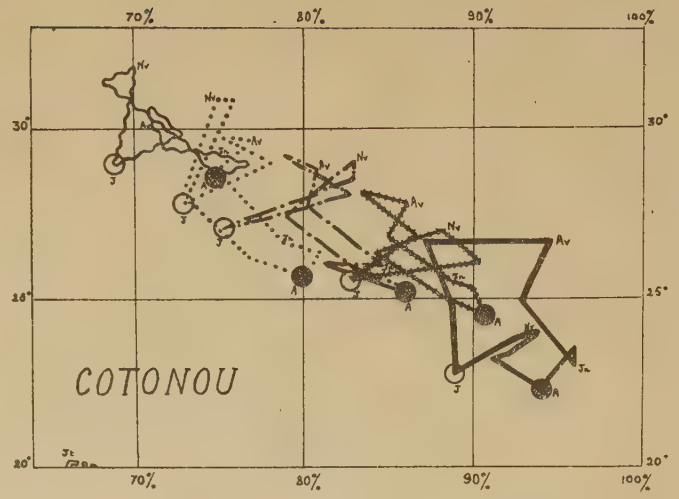
Climogrammes coloniaux

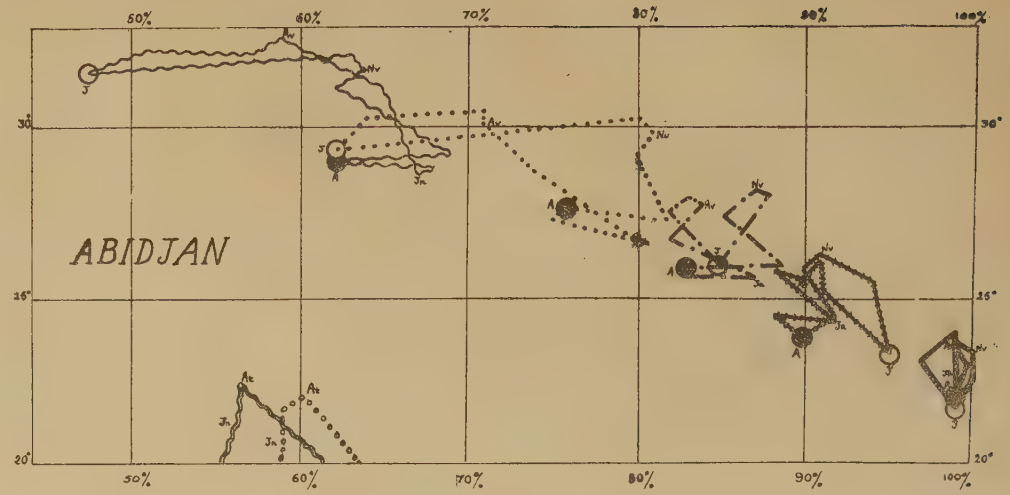


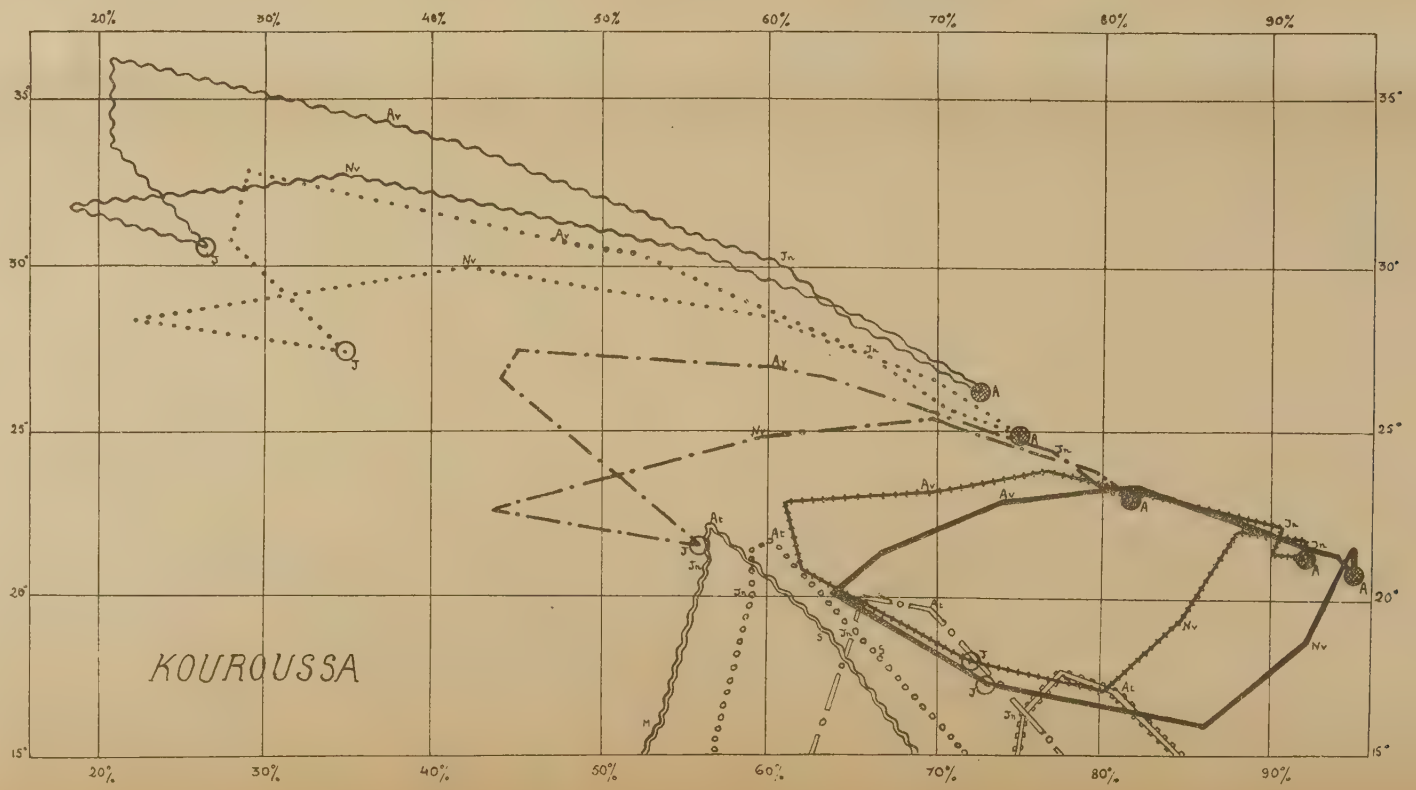


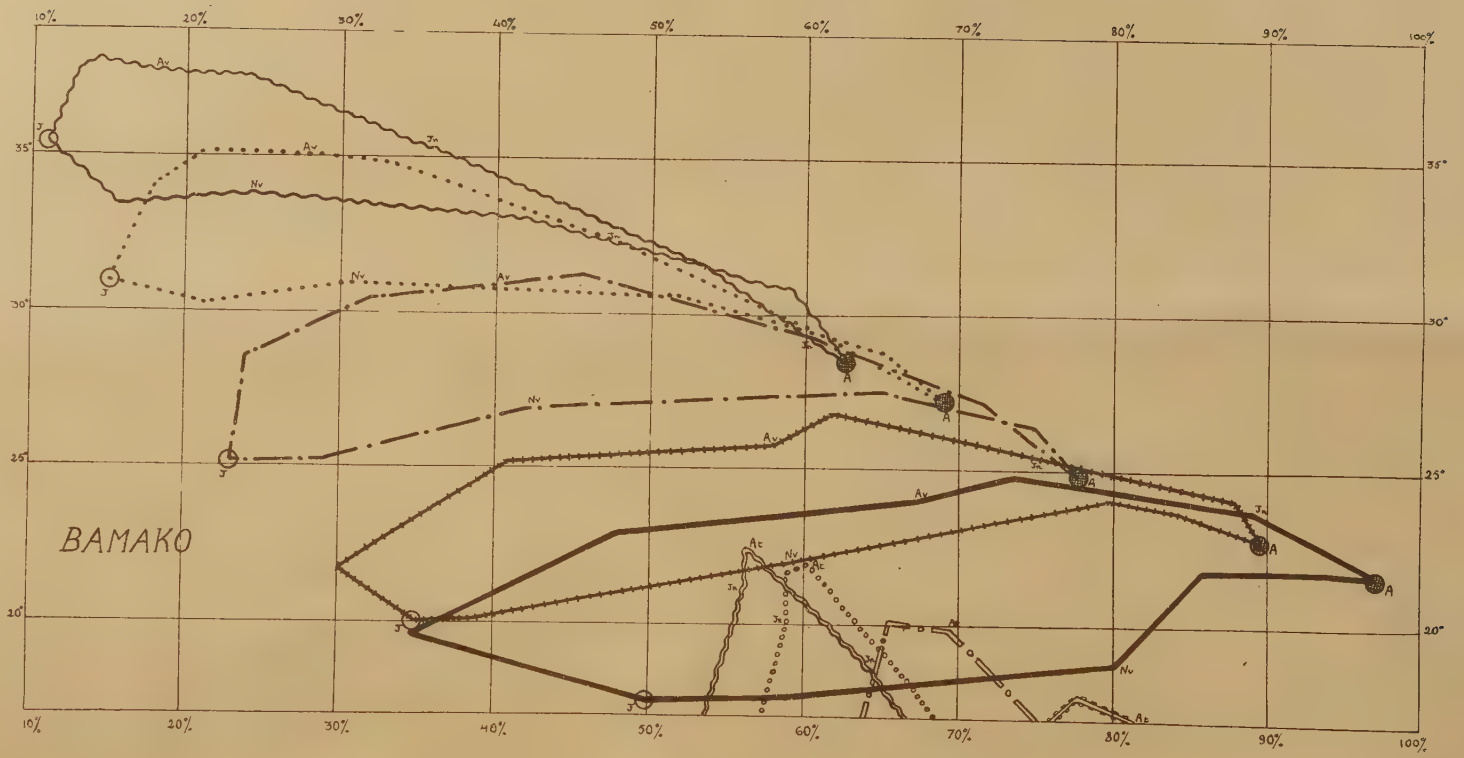

DAKAR
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
30°
25°
20°

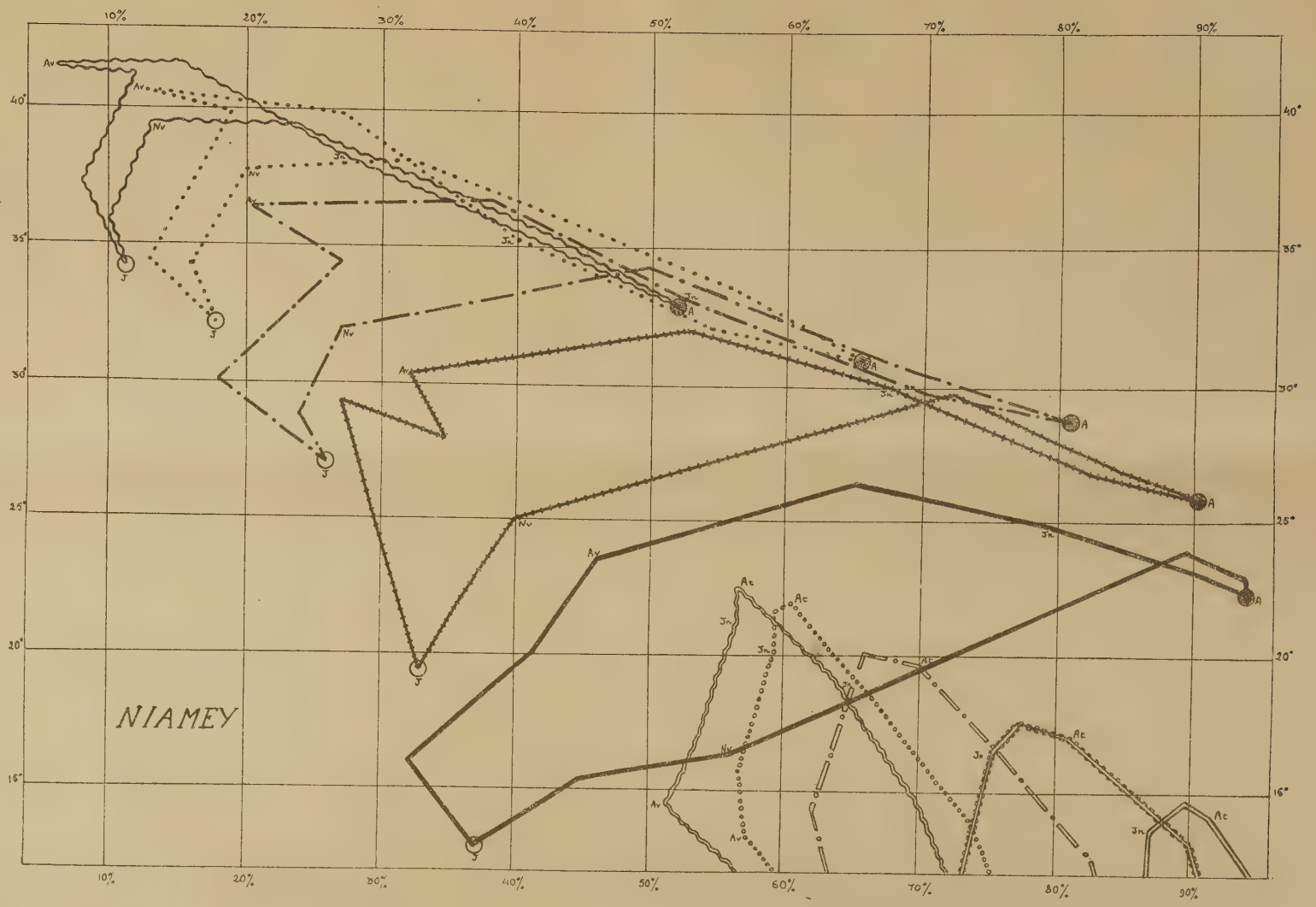

SAINT-LOUIS
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
30°
25°
20°
15°

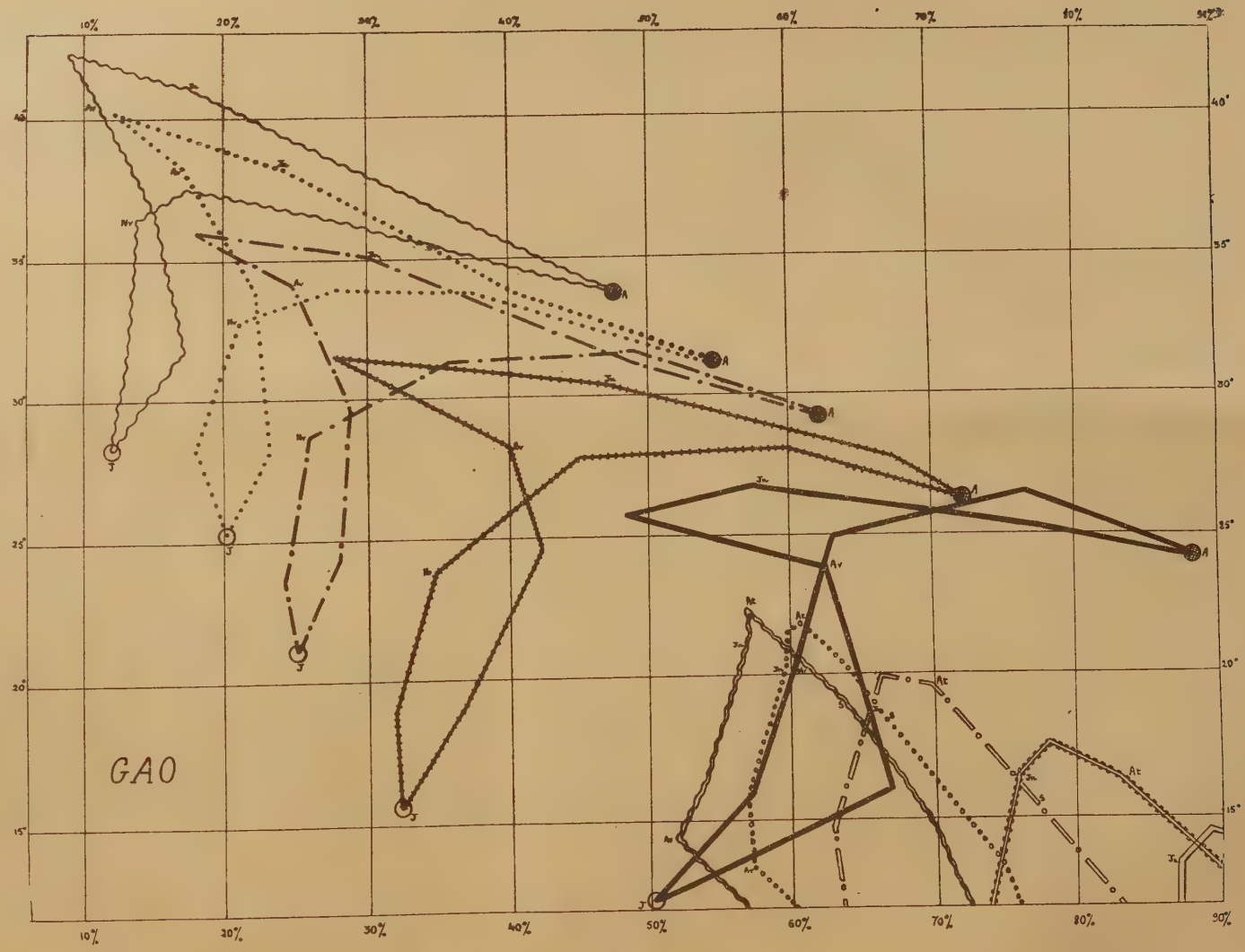

COTONOU

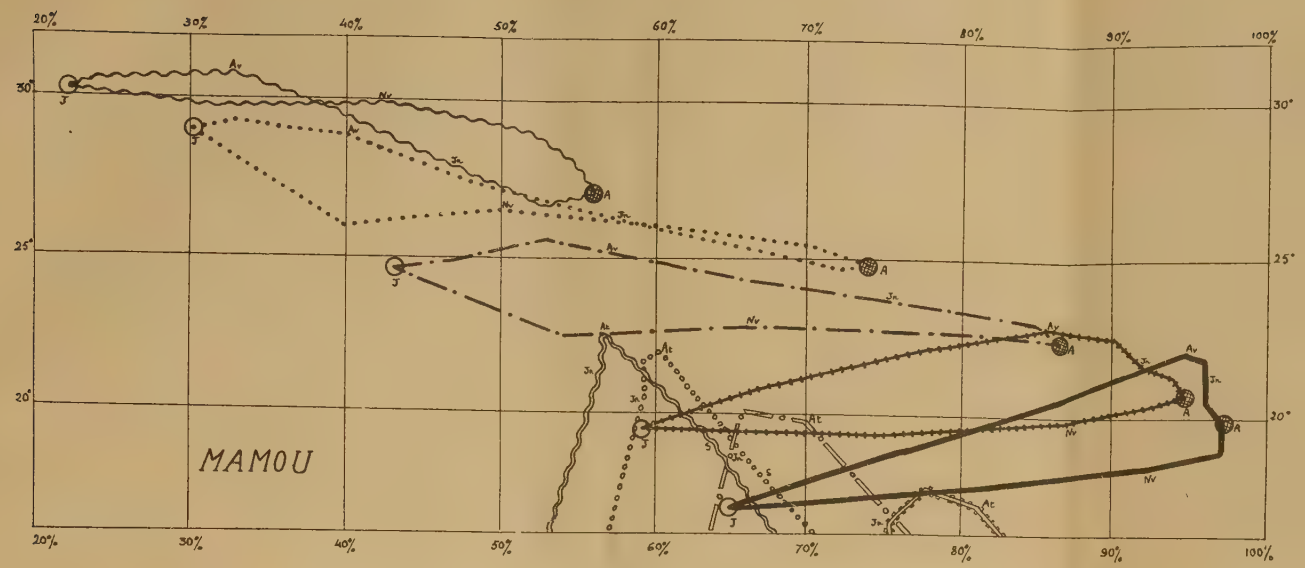

ABIDJAN

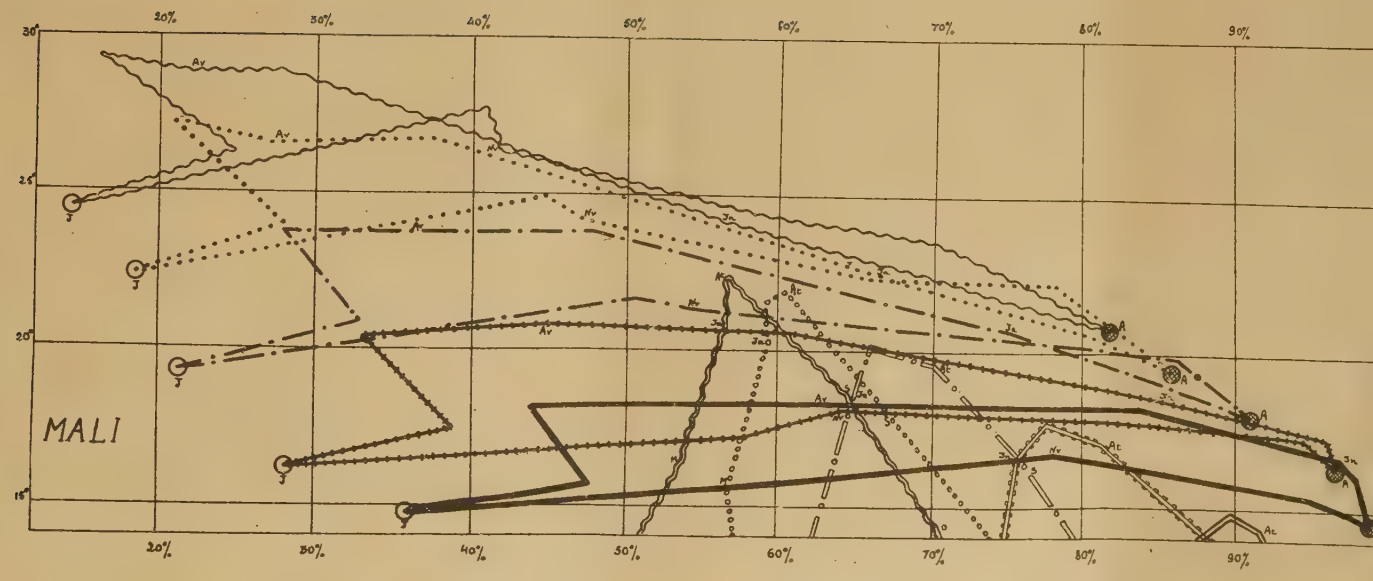

KOUROUSSA

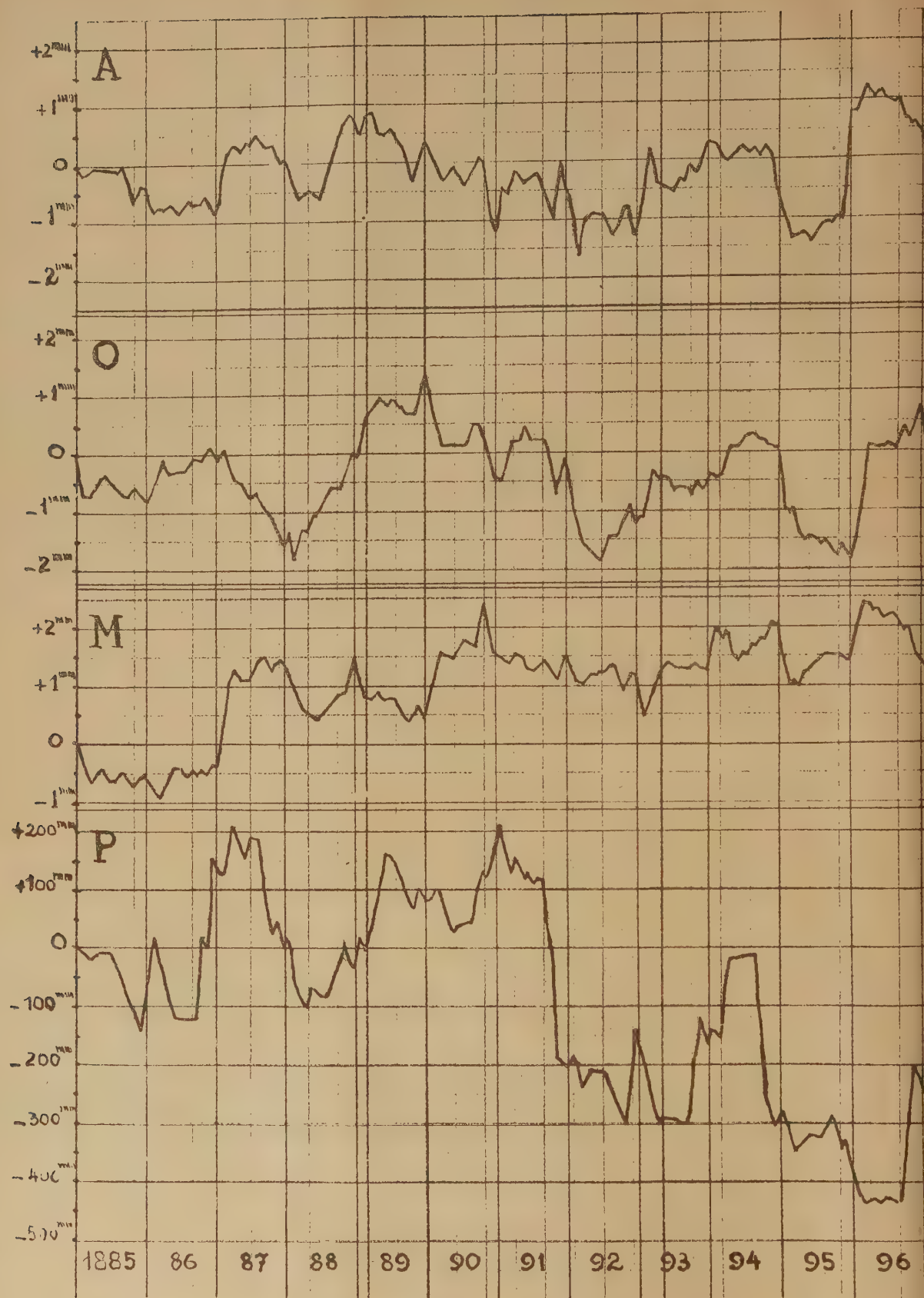

10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
100%
35°
30°
25°
20°
BAMAKO


10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
40°
35°
30°
25°
20°
15°
Av
Nv
Jn
At
A
J
NIAMEY


GAO

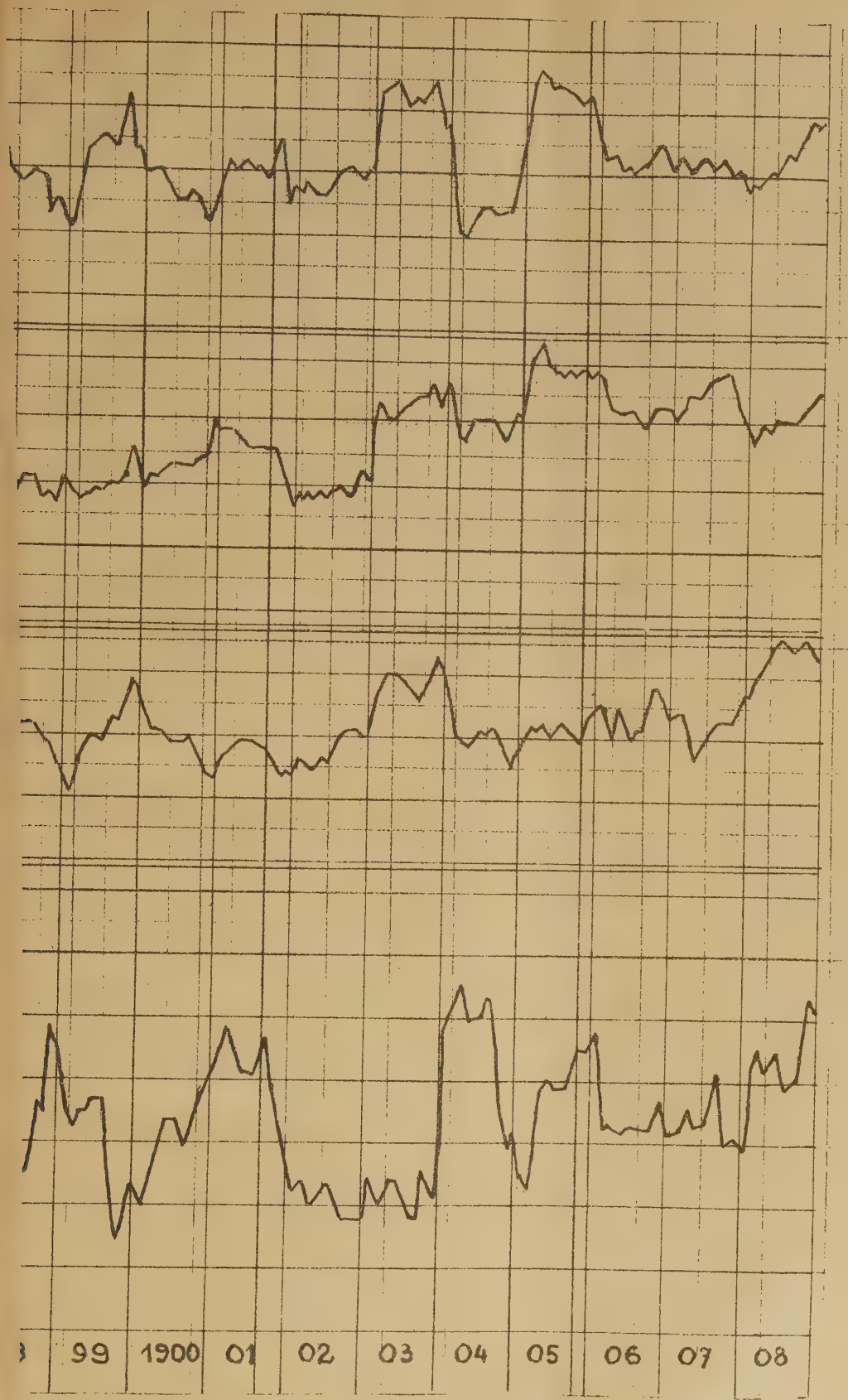

MAMOU
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
100%
30°
25°
20°


MALI
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
25°
20°
15°



Courbes de la pression barométrique
par IO° W (O) et par 20° E (M).
comme origines)

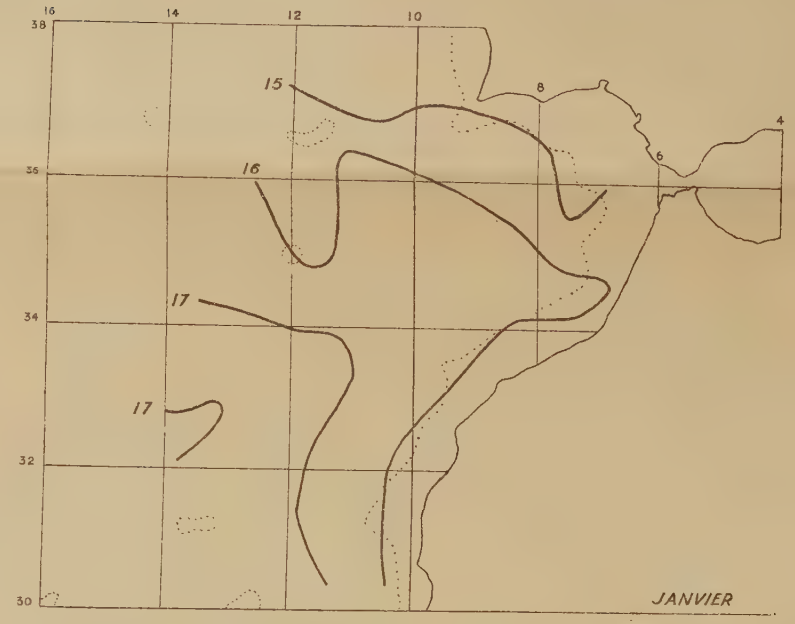
Courbe de la pluie à Alger (P)

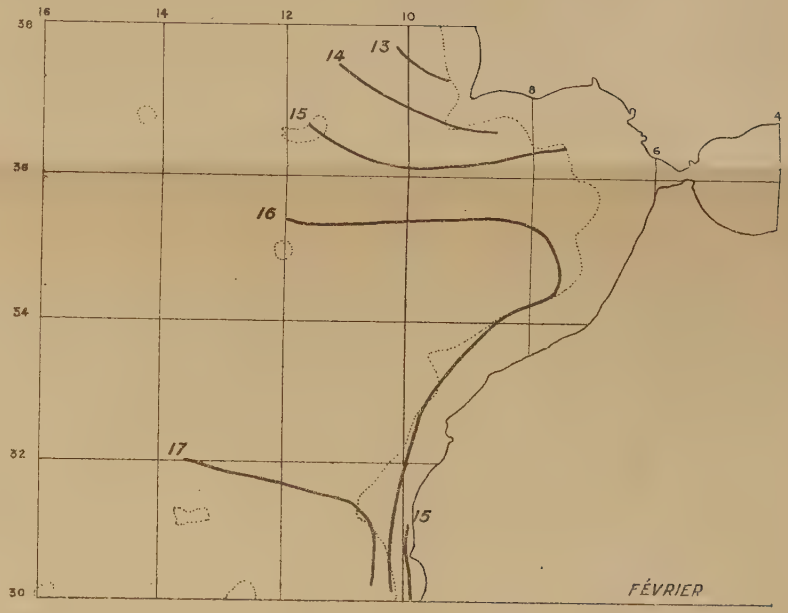


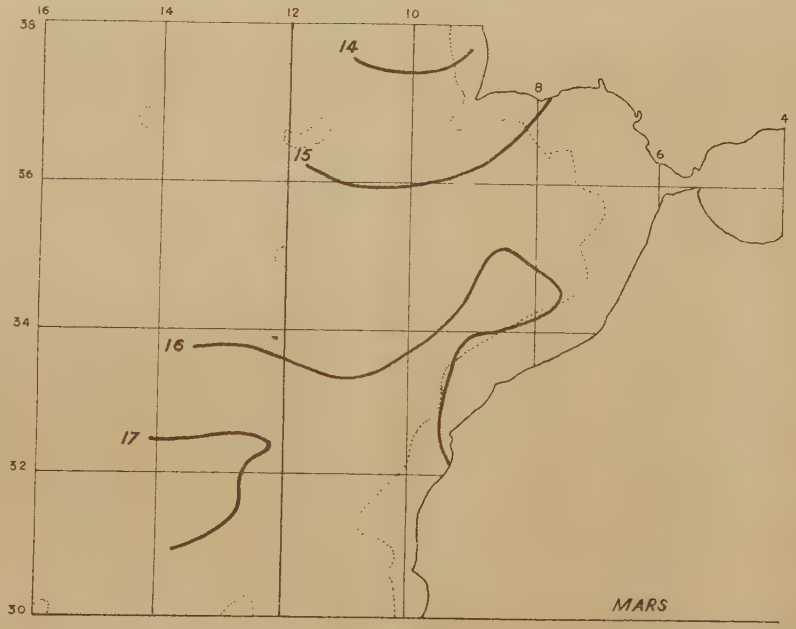
(A) et, sur le 35° parallèle,
ressions de I884 sont prises

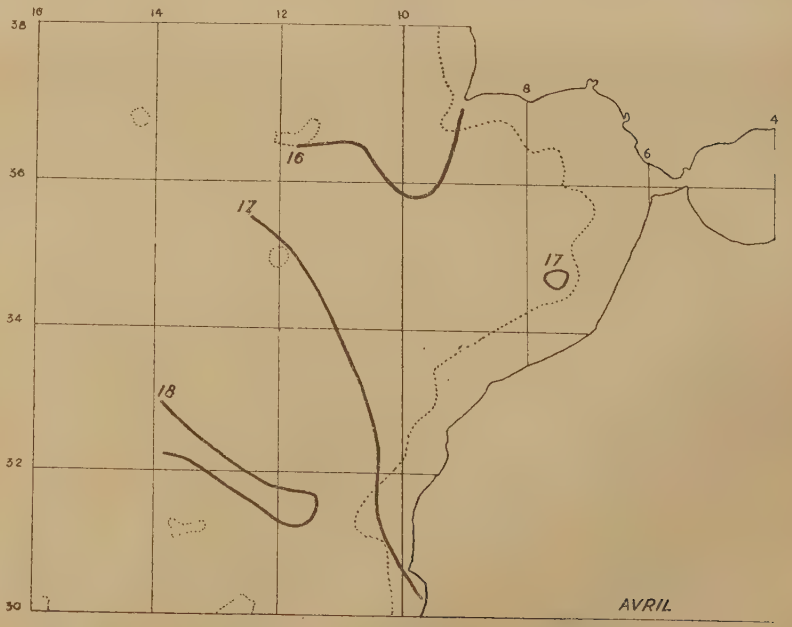
al de I884 est pris comme origine).

G. ROUX.- ISOTHERMES MENSUELLES PROVISOIRES DE L'EAU DE MER A LA SURFACE AU LARGE DES CÔTES DU MAROC.

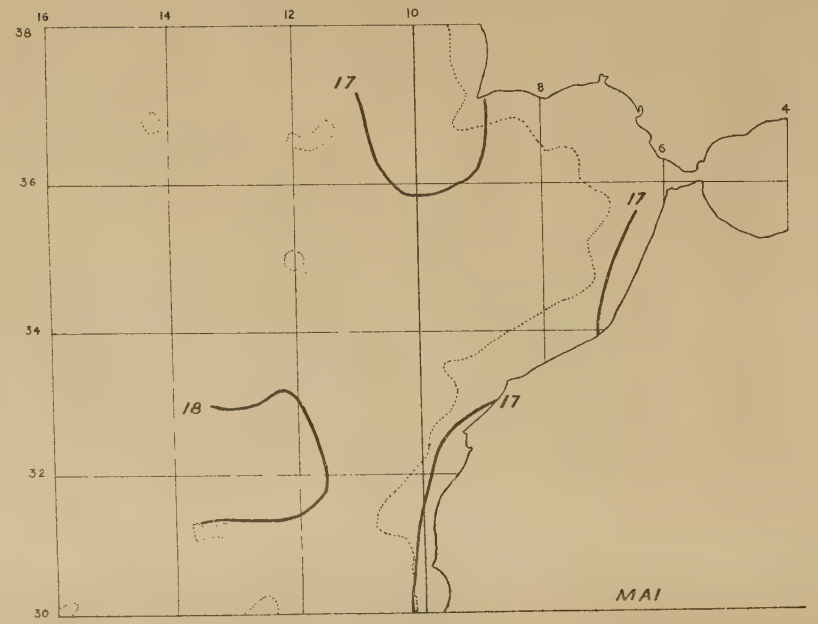


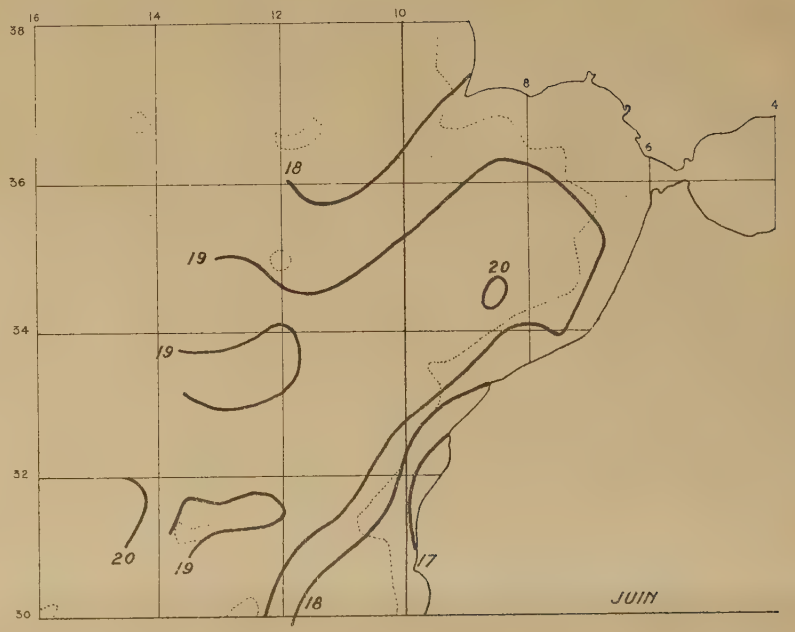


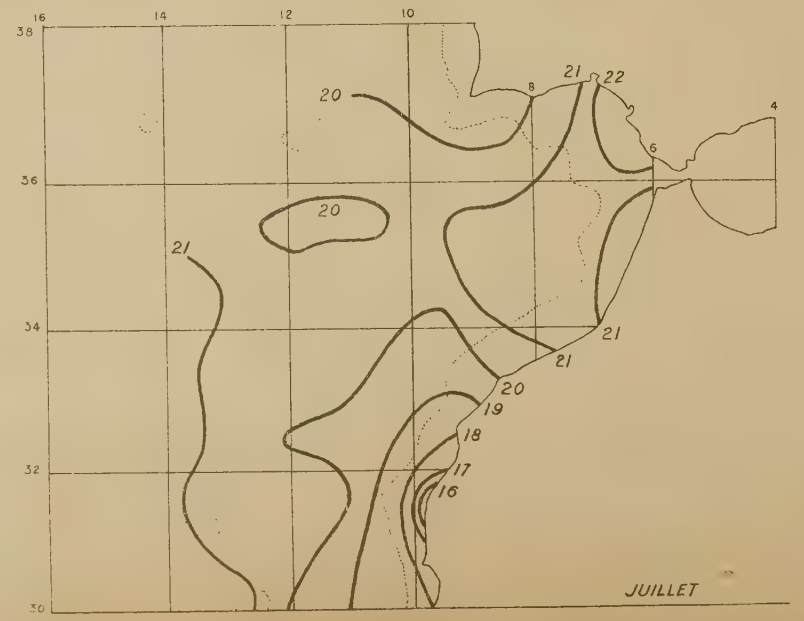




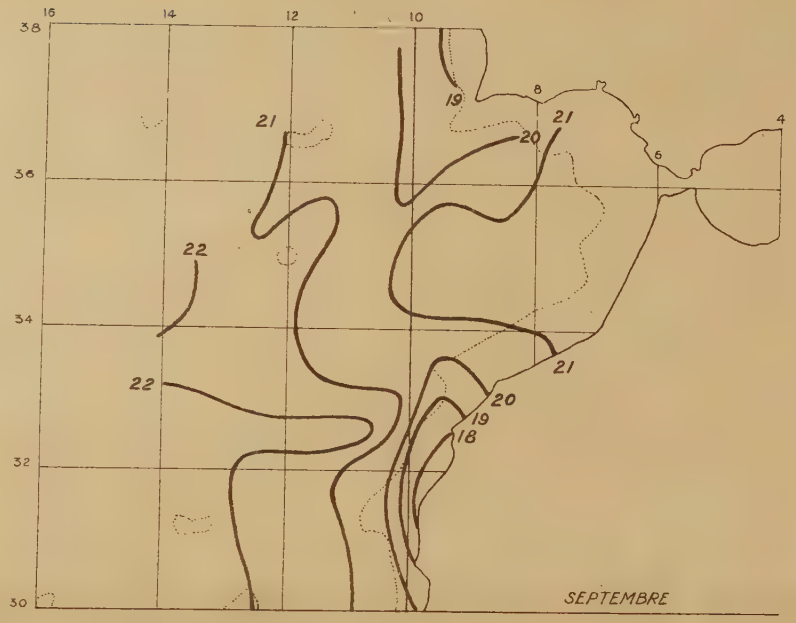
G. ROUX.- ISOTHERMES MENSUELLES PROVISOIRES DE L'EAU DE MER A LA SURFACE AU LARGE DES CÔTES DU MAROC.

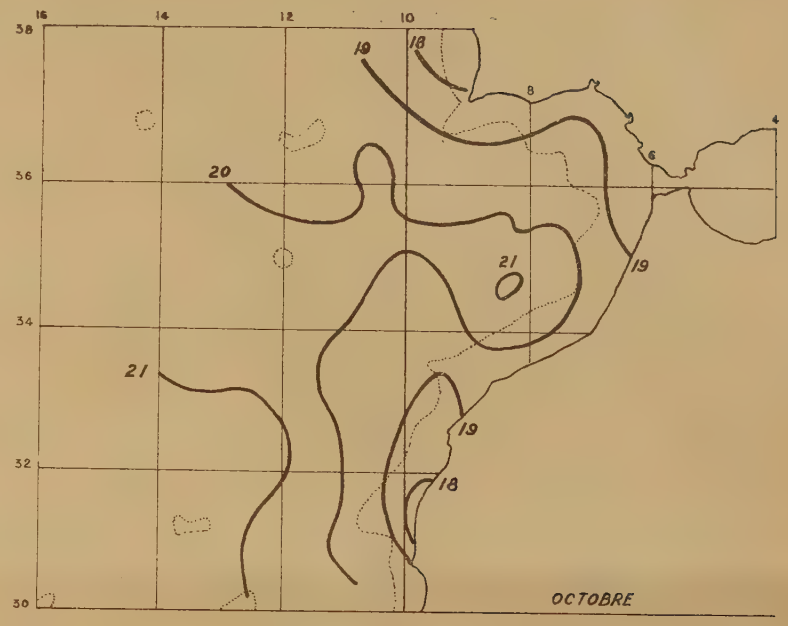


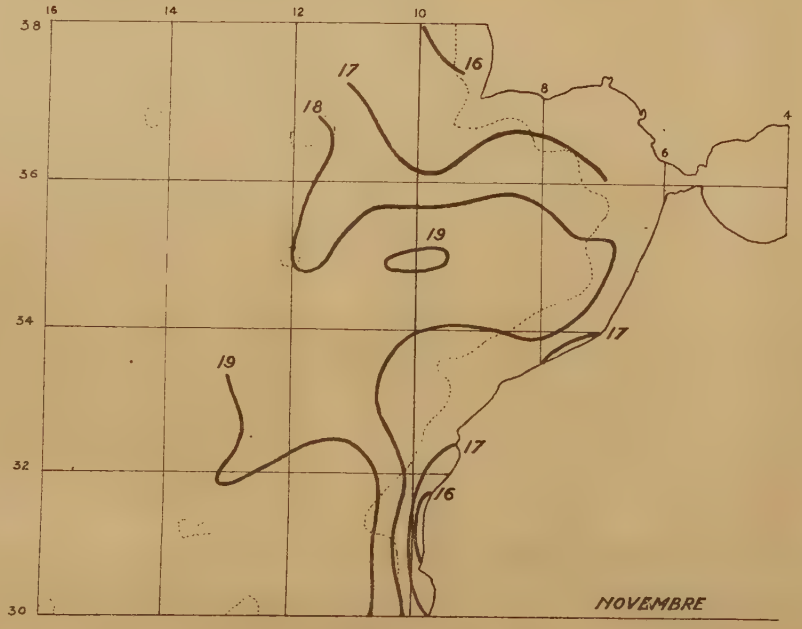


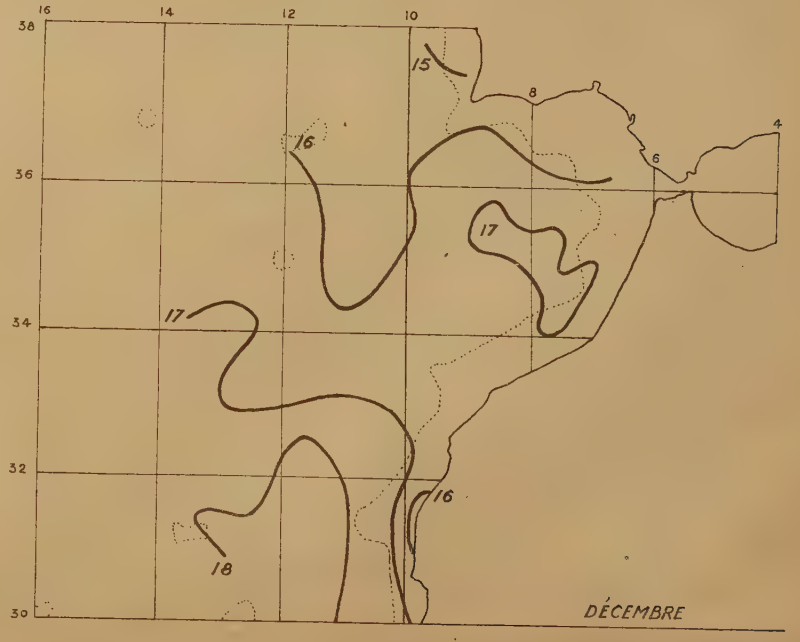


G. ROUX.- ISOTHERMES MENSUELLES PROVISOIRES DE L'EAU DE MER A LA SURFACE AU LARGE DES CÔTES DU MAROC.









solaire, les anomalies de la région islandaise sont réunies aux anomalies de même signe de la Méditerranée tandis que, pendant les périodes d'accroissement de l'activité solaire, les anomalies de la région océanique subtropicale sont reliées aux anomalies de même signe de l'Europe continentale. Dans le premier cas, Alger se trouve englobé dans le fuseau Groënland-Méditerranée tandis que, dans le second cas, il est compris dans la zone Açores-Europe orientale.

Les oscillations de la courbe des précipitations atmosphériques en Algérie, si capricieuses d'allure, s'expliquent également par le déplacement des zones d'anomalies (voir la courbe P relative à Alger) :

De 1884 à 1888, les courants de perturbations traversèrent fréquemment la Méditerranée du Nord-Ouest au Sud-Est, de la Péninsule ibérique à l'Est de l'Afrique du Nord (courants dits « dérivés du front polaire ») et déterminèrent un accroissement de la pluviosité à Alger. La période d'activité de l'air polaire de 1884 à 1888 se prolongea en 1889 et 1890 par suite de la présence d'une forte anomalie positive au Nord-Ouest de la Péninsule ibérique.

De 1891 à 1895, des courants de perturbations du Sud-Ouest au Nord-Est dominèrent (courants dits « inverses du front polaire » ou du « front saharien » ou du « pseudo-front méditerranéen »). Ils entraînèrent une plus grande fréquence des avances de la dépression saharienne vers le Nord avec, en Algérie, une anomalie de pression plus souvent négative. Ces années furent caractérisées par de nombreux cas de sirocco et à Alger, en particulier, par une diminution de la pluviosité.

De 1896 à 1900, les courants de perturbations « dérivés » prédominèrent de nouveau, comme de 1893 à 1890 et la moyenne des quantités annuelles de pluie s'accrût à Alger, l'air polaire étant redevenu plus actif.

De 1901 à 1907, il y eut encore, dans l'ensemble, recrudescence de la pluviosité à Alger bien que l'air tropical fût plus actif, comme de 1891 à 1895, parce que les anomalies de pression, pendant la majeure partie du temps, furent positives sur l'Ouest du bassin méditerranéen et de l'Afrique du Nord. Alger se trouva, par suite, au Nord du secteur chaud des dépressions sahariennes, c'est-à-dire dans la zone pluvieuse de celles-ci.

Ainsi, pendant l'intervalle de 1884 à 1908, la pluviosité au centre de l'Algérie a été influencée par l'extension de l'anticyclone océanique tantôt dans le sens des parallèles, aux époques d'activité solaire croissante, et tantôt dans le sens des méridiens, aux époques d'activité solaire décroissante. Les années allant de 1884 à 1888 et de 1896 à 1900 furent caractérisées par une plus grande activité de l'air polaire, mais, pendant le premier intervalle, la pluviosité fut plus forte que pendant le second parce que l'anticyclone se trouvait davantage à l'Ouest, ce qui favorisa l'influence de la dépression méditerranéenne sur la pluviosité à Alger. Les années allant de 1889 à 1895 et de 1901 à 1906 furent marquées par une activité plus forte de l'air tropical ; pendant le premier intervalle, la pluviosité alla en diminuant par suite d'une forte avance de la dépression saharienne sur l'Afrique du Nord ; pendant le second, la pluviosité augmenta, Alger restant dans le domaine des anomalies positives de la pression.

Seul, le déplacement des anomalies de pression permet donc d'expliquer pourquoi, à une même allure de la courbe de la pression, peut correspondre une allure différente de la courbe de la pluviosité.

A une phase de même nature de l'activité solaire (croissante ou décroissante) correspond une disposition zonale ou méridienne des anomalies de pression mais, d'une période solaire à la suivante, les signes des principaux domaines d'anomalies (Islande, Méditerranée orientale, Açores, Asie occidentale) s'inversent, produisant des effets opposés sur la pluviosité.

Le fait suivant prouve bien l'importance du sens de rotation des anomalies de pression en climatologie dynamique : la pluviosité augmente à Alger lorsqu'au Nord-Ouest de la Péninsule ibérique, il existe un domaine d'anomalies positives *et que ce domaine tourne dans le sens cyclonique, en se déplaçant vers la Méditerranée* (air polaire actif). Si, par contre, ce domaine tourne dans le sens anticyclonique, en s'éloignant de la Méditerranée, la pluviosité diminue à Alger (air tropical actif).

La méthode de climatologie dynamique dont nous venons de donner une application à l'Afrique du Nord permet d'expliquer, beaucoup mieux que par l'emploi exclusif de statistiques, de nombreuses énigmes climatiques qui paraissent, au premier abord, indéchiffrables.

Alger, août 1937.

L. PETITJEAN.

Isothermes mensuelles provisoires de l'eau de mer à la surface au large des côtes du Maroc [1]

J'ai entrepris un travail sur la circulation océanique dans la région voisine du Maroc, et sur l'influence qu'elle exerce sur le temps au Maroc (vent, brouillard, pluviosité, etc...). Ce travail, qui comporte l'analyse des coupes hydrologiques et des cartes de température, salinité et densité à différentes profondeurs, m'a conduit, en ce qui concerne les eaux de surface, à faire effectuer des mesures de température de l'eau de mer par des caboteurs, des gardes-pêches ou des bâtiments militaires, dans des parages où la documentation existante est très faible. A l'aide des observations ainsi recueillies depuis quatre ans, et de celles effectuées par les navires sélectionnés des grandes lignes commerciales, j'ai tracé des isothermes provisoires de l'eau de surface qui offrent une précision encore jamais atteinte dans cette région, surtout aux alentours de Mogador ; ce sont ces isothermes que je présente au Congrès. (Cartes pages 20 à 22).

J'ai tracé ces isothermes en partant de moyennes établies par carreau de 1° de latitude et de longitude, dont les calculs ont été faits par M. Simonet, météorologiste. Pour la moyenne de juillet du carreau de latitude 31° à 32° et de longitude 9° à 10°, carreau particulièrement intéressant par suite des venues d'eau froide et pour lequel les observations antérieures étaient presque inexistantes, j'ai calculé l'erreur probable de la moyenne. Le nombre d'observations utilisées est de 43 ; l'écart moyen E de 1°,14 ; l'erreur moyenne R de 1°,42 ; l'erreur probable de la moyenne de 0°,13. Le criterium de Cornu relatif à la fortuité des causes d'erreurs donne pour l'expression $\frac{2R^2}{E^2}$ la valeur 3,10 au lieu de II, ce qui, dans les circonstances présentes, est admissible.

Ces lignes isothermiques montrent clairement l'importance de l'afflux des eaux froides au voisinage de Mogador. Celles de décembre, janvier, février et mars laissent voir l'amenuisement et le glissement vers le Sud de ces eaux de Mogador, qui, d'après le Danois (2), contribuent ainsi pour une part notable à la formation du courant des Canaries. Ces eaux froides réapparaissent en mai, et jusqu'en août l'importance de leur afflux augmente. Ce phénomène est attribué à l'action de l'alizé qui, poussant les eaux de surface, favorise l'affleurement des eaux sous-jacentes.

On peut suivre sur plusieurs de ces cartes le mouvement en direction N. E. vers le golfe de Gibraltar des eaux transgressives de surface définie par le Danois. Ce mouvement commence à être visible sur les isothermes de janvier. Ces eaux se rétractent pendant l'été, tandis que dès juin, dans la région de Mogador, dès août aux abords du Cap Saint-Vincent, les eaux froides continentales augmentent d'importance. Le Danois y voit une contribution nouvelle à la formation du courant des Canaries.

Les isothermes de juillet montrent un afflux d'eau chaude (+ 22°) dans le golfe de Cadix. Ce sont vraisemblablement des eaux intermédiaires, c'est-à-dire les eaux propres de la baie d'Espagne (Le Danois) ou les eaux mixtes (Ramalho). Leur affleurement peut s'expliquer par la pression produite en direction N. E. par les eaux transgressives plus lourdes et plus froides, qui atteignent à cette époque le golfe de Gibraltar en glissant sous les eaux de surface.

Les isothermes des mois d'avril, juin, août, octobre, novembre et décembre dessinent dans le Sud-Ouest du détroit de Gibraltar un lobe d'eau, en excès de 1° ou de plus, sur l'eau environnante. Ce lobe d'eau se retrouve, quoique sous une forme un peu différente, sur les isothermes mensuelles publiées dans les travaux de la campagne du *Meteor* (1) et sur des coupes hydrologiques de l'*Albacora* (2). Sa forme a encore besoin d'être précisée. Son existence semble due à des causes météorologiques et au régime des courants superficiels.

Ces cartes sont provisoires. Des cartes plus exactes seront ultérieurement publiées, en utilisant conjointement aux observations spéciales utilisées ici, les matériaux plus anciens de l'Institut météorologique de De Bilt, de l'O. N. M. des bâtiments océanographes, etc... Je compte également utiliser les enregistrements de la température de l'eau de mer près des côtes et à bord de certains navires pour augmenter la précision de leur tracé.

G. Roux,
Lieutenant de vaisseau,
Chef du Service de Physique du Globe
et de Météorologie
de l'Institut scientifique chérifien.

(1) Mémoire présenté au Congrès de la Recherche Scientifique dans les Territoires d'Outre-Mer. Paris, septembre 1937.

(2) Le Danois : Les transgressions océaniques, *Revue des travaux de l'Office des pêches maritimes*, décembre 1934.

(1) Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen atlantischen Expedition « Meteor », 1925-1927. Band V. Atlas (Berlin, 1936).

(2) A. Ramalho et L. Dentinho : Contribution à l'étude océanographique du golfe de Gibraltar (Rapports et procès-verbaux des réunions du conseil permanent internationale pour l'exploration de la mer. Vol. LXX. 1931.

Structure mammatus anormale dans de l'Altostratus à Madagascar

I. — Les conditions ordinaires de la formation de la structure mammatus

Les journées des 11 et 12 mai 1937 ont été marquées, à Tananarive, par un phénomène qui nous a paru digne d'être signalé et commenté : une structure mammatus durable dans de l'altostratus non orageux.

L'Atlas International des Nuages indique (édition 1932, page 25) que les mammato « se rencontrent « surtout dans les stratocumulus et les cumulo- « nimbus », mais « qu'on peut les observer aussi, « quoique rarement, dans les cirrus, probablement « lorsqu'ils proviennent de l'enclume d'un cumulo- « nimbus en dissolution ».

Dans le Lexique Météorologique de l'O. N. M., on note que les mammato, qui s'observent « en parti- « culier sous le stratocumulus et l'altostratus, sont des « formes rares et jamais persistantes se présentant « surtout par situations orageuses et accompagnant « alors les cumulonimbus dans leurs parties en voile « étendu à forme d'altostratus ».

La comparaison de ces deux textes nous a semblé intéressante.

Notons d'abord l'association d'idées, qui se dégage des deux citations, entre les formes mammatus et les cumulonimbus.

Remarquons ensuite que le Lexique donne les mammato comme des formes rares et *jamais* persistantes, tandis que l'Atlas ne mentionne nulle part l'évolution fugitive de cette structure ; il ne semble pas que ce soit de la part de l'Atlas une omission, car il donne bien les mammato parmi les « principales variétés » (page 24), en précisant (page 23) la différence entre les variétés et les « détails accidentels » ; il indique d'ailleurs (page 21) que cette structure « apparaît fréquemment » dans les cumulonimbus et il estime que cette fréquence est suffisante pour que (planches 96, 97 et 98) le nom de Cumulonimbus mammatus soit donné à une variété de cumulonimbus.

Cette divergence d'opinion s'explique sans doute par le fait que les observations ayant servi de base à la rédaction du Lexique se rapportent à une latitude plus faible que celle sous laquelle ont été poursuivis les travaux de la C. E. N. ; nos propres observations faites depuis six ans dans presque toutes les parties de Madagascar nous ont en effet montré qu'au point de vue régional la structure mammatus est d'autant plus rare et fugitive que la température est plus élevée.

Sur les côtes de Madagascar, les mammato sont exceptionnels, toujours très fugitifs et mal formés. Sur les hauts plateaux, à 1400 mètres d'altitude, sans être aussi rares que sur la côte, ils sont peu fréquents et de courte durée.

Il paraît donc logique de croire que cette structure peut être fréquente et stable dans des régions plus froides.

Indiquons tout de suite que tous les mammato que nous avions vus jusqu'au 11 mai 1937 se trouvaient associés à des formes orageuses : le plus souvent à l'avant du cumulonimbus dans le sens de sa marche ou de son développement ; placés en général à la partie basse du panache et près du corps du cumulonimbus, ou sous la base lorsque celle-ci était assez élevée ; peu fréquemment dans les parties élevées.

Cette dernière remarque, conforme à l'indication donnée à ce sujet (page 25) par l'Atlas, montrerait que la relation que nous croyons voir au point de vue régional, entre la rareté des mammato et l'élévation de la température, ne doit pas être valable dans le sens vertical ; par suite peut-être y aurait-il pour cette forme, entre autres facteurs, une température optimum.

Nous n'avions vu qu'une seule fois une structure mammatus assez durable, un peu particulière il est vrai. Le 9 octobre 1936, à Tananarive (photographie n° 1) (1) pendant près de deux heures, une structure genre mammatus a persisté dans une sorte de stratocumulus ; celui-ci était produit par ce que nous appelons un « orage diffus ».

La situation orageuse diffuse s'observe parfois sur les plateaux par temps de mousson équatoriale un peu active : le ciel se peuple de cumulus bourgeonnants et tourmentés qui aboutissent à des averses, et même à des manifestations électriques, par places, mais sans parvenir au type habituel des cumulonimbus individuels ; parfois, le processus débute dans la matinée par de petits cumulonimbus individuels, mais qui se soudent et se diffusent dans toute la région.

II. — Les observations des 11 et 12 mai 1937

Le 11 mai 1937, le régime de saison fraîche est régulièrement établi à Madagascar depuis le début

(1) Les photographies 1 à 5 sont placées en tête du présent numéro.

du mois ; le dernier orage de la saison chaude a eu lieu le 29 avril. Les pressions sont élevées et en hausse, avec maximum de pression et de hausse sur la partie centrale de la côte Est. L'alizé est modéré au sol, plus actif en altitude ; il a une composante Nord-Est en altitude au-dessus des Plateaux, et jusqu'au sol dans le Sud de Madagascar.

A Tananarive, la journée débute par le temps couvert normal de la saison fraîche : stratus et stratocumulus orographiques, avec petites averses ou chutes de crachin, produits par l'ascension de l'alizé, sur les falaises de l'Est. Vers la fin de la matinée, éclaircies et élévation habituelle du plafond nuageux.

Vers 13 h., se distingue une couche d'altostratus venant du Nord-Ouest et paraissant se former au-dessus de la limite Ouest des plateaux, car l'horizon Ouest reste entièrement pur (voir photo n° 4).

Pendant la journée du lendemain, trois sondages ont été effectués dans le but de déterminer son altitude : à 10 h., le ballon a été perdu accidentellement (passage au zénith) à 6000 m. au-dessus de la mer ; à 14 h., il est visiblement entré dans la couche à 7400 m. ; à 16 h., il a été perdu de vue (mauvaise visibilité due probablement à une traînée de pluie) à 4700 mètres. Or, c'est là, à Tananarive, même pour le dernier chiffre, l'étage de l'altostratus, tandis que les stratocumulus nous cachent le plus souvent la cote 2640 mètres du sommet de la montagne Tsiafajavona.

Vers 13 h. 45, une structure mammatus apparaît dans toute la moitié Ouest de l'altostratus donnant rapidement à cette partie du ciel un aspect que nous pouvons qualifier, sans exagération, de fantasmagorique.

Les observations suivantes ont montré que la formation des mammato était intermittente. Dans l'ensemble, elle débutait, dans une partie unie du nuage, par un plissement allongé en ligne claire (photo n° 4), à côté de laquelle apparaissait des fibres ou de petits plissements transversaux ; ensuite, granulations ou petit quadrillage (rappelant l'altocumulus), parfois petites poches s'effilochant vers le bas en courtes virga (photo n° 3, à gauche) ; puis, petits mammato, d'aspect « dur » bien délimités que nous pourrions nommer mammato « jeunes » (photo n° 3, presque au milieu) ; enfin, mammato « adultes » à larges poches avec souvent des parties transparentes à travers lesquelles on distingue nettement d'autres mouvements du nuage. L'évolution se termine par un brouillage et un effacement progressif des dessins.

Photo n° 2 : mammato adultes, à parties transparentes, vus presque en dessous.

Photo n° 5 : au milieu, mammato atteignant la forme adulte ; à gauche, on distingue la trace du long plissement originel et, presque au milieu et un peu au-dessus, quelques restes des plissements transversaux.

La courbe du barographe avait présenté le 11 mai, dans la matinée, quelques petites irrégularités ; en particulier, deux petites descentes à 11 et 12 heures.

Commençant à peu près avec le passage principal des premiers mammato au-dessus de la station, vers 14 h. 10, on note une baisse progressive de la pression, plus accentuée que la descente habituelle de la marée d'après-midi ; puis, à 14 h. 45, un brusque crochet positif de + 0,4 millimètre.

Vers 16 heures, nouvelle « poussée » de mammato ; le barographe dessine une sorte de W, de 16 h. 10 à 17 h. 15 ; il reste agité jusqu'au lendemain après-midi, et ne retrouve le calme qu'avec la fin des mammato ; ses ondulations allant d'ailleurs progressivement en diminuant.

A 14 heures, nous avons noté un renforcement de vent, passant de 3 à 10, puis à 12 mètres/seconde et revenant à 3 m/s à 14 h. 45. A 16 h. 15, remontée de 3 à 12 m/s, retombée à 6 à 16 h. 30 ; à 16 h. 55, montée en rafale jusqu'à 11 m/s, puis descente aussitôt après.

Précisons que la girouette ne bouge pas, fixée à l'Est-Sud-Est d'alizé ; et notons que les variations d'intensité de l'alizé coïncident avec un phénomène ayant lieu dans le courant supérieur de Nord-Ouest.

Comme pour le baromètre, les variations de vitesse du vent vont en s'atténuant progressivement le lendemain où l'on a cependant des variations de directions : quelques rafales faibles viennent de l'Est à 7 h., du Sud à 8 h. 15.

Le lendemain 12 mai, au matin, le phénomène, un peu atténué, persiste toujours. La couche, entraînée par le courant de NW, paraît se reformer constamment, comme la veille, à la limite d'ascendance de l'alizé, un peu à l'Ouest de la crête des hauts plateaux. Cette limite nous est bien connue, car c'est là que pendant toute la saison fraîche se dissolvent régulièrement les derniers stratocumulus orographiques de ce courant.

Vers l'Ouest, on observe de nombreuses lignes blanches et plissements transversaux avec mammato jeunes ; vers l'Est quelques mammato adultes bien formés, mais plus espacés que la veille.

Dans la journée, la couche est entraînée par le vent de Nord-Ouest, mais en se renouvelant moins abondamment à sa partie Ouest.

A 14 heures, la bordure passe au zénith de Tananarive laissant derrière elle un ciel très dégagé ; la

bordure est effilochée en nuages cirriformes et se prolonge vers l'Ouest par des séquelles de cirrus de différents genres.

Les mammato persistent, vers le Nord et vers l'Est, dans la couche d'altostratus, mais sont de plus en plus instables ; très peu parviennent à l'âge adulte, et de larges plages de l'altostratus présentent seulement un aspect grumeleux.

A 16 h., la couche nuageuse s'épaissit de nouveau, et se reforme par sa partie Ouest où l'on a un altostratus mince, mêlé de cirrostratus : quelques fragments de halo s'aperçoivent, et même pendant un court moment une tache lumineuse de parhélie. Cette nouvelle formation ne tient pas ; au coucher du soleil la couche est redevenue presque partout unie ou légèrement fibreuse, et elle paraît assez transparente ; quelques mammatos se montrent seulement vers le Nord et l'Est.

III. — Les conditions particulières de formation de la stucture mammatus a Madagascar

Cet altostratus mammatus, faiblement precipitans s'est formé dans un courant de Nord-Ouest surmontant de l'alizé. Cette situation, sans être fréquente, se rencontre un certain nombre de fois dans l'année, surtout en saison chaude. Dans cette saison, il constitue l'un des accidents du régime de « mousson équatoriale active », par courants de Nord à Nord-Ouest rapides, en dessous desquels un effet de gradient peut faire glisser un alizé de faible épaisseur, homogène dans le sens horizontal ; on a alors, sur presque tout Madagascar, un temps d'instabilités généralisées ; ciel uniformément couvert à l'étage des altostratus ou surtout des stratocumulus ; précipitations irrégulières par averses sans éclaircies nettes après les chutes d'eau ; pas ou très peu de manifestations orageuses ; on pourrait presque dire que le premier coup de tonnerre annonce la fin, dans les douze heures, de la période de mousson active.

Or les 11 et 12 mai ce n'est pas, par régime de mousson, un alizé qui vient se glisser sous les courants équatoriaux et qui provoque dans la zone de mélange des deux courants une condensation étendue, mais c'est au contraire, par régime franc d'hiver, un courant de Nord-Ouest qui vient chevaucher une couche d'alizé, et c'est en plein dans le courant de Nord-Ouest que se forme cet altostratus mammatus.

Dans la saison fraîche, surtout à la fin d'une vague de hautes pressions, on peut voir des courants de Nord-Ouest exister au-dessus de l'alizé, et même parfois descendre dans la journée pendant quelques minutes ou quelques heures jusqu'à toucher les hauts plateaux ; mais dans ce cas c'est tout au plus si quelques petits altocumulus peuvent se former dans ces courants qui balayent au contraire toutes les condensations orographiques de l'alizé et procurent alors une belle journée ensoleillée.

Ici, nous avons une formation nuageuse massive, et apparaissant dans l'épaisseur du courant de Nord-Ouest, à environ 2000 mètres au-dessus de sa surface inférieure ; les sondages de 10 et 14 heures du 12 mai sont très affirmatifs à cet égard.

A 10 heures, l'alizé se termine à 3000 mètres d'altitude ; à 4500, le ballon change franchement de direction, et à partir de 5500 il est nettement dans le courant de Nord-Ouest. A 14 heures, le changement de direction du ballon, commencé à 4000, est terminé à 5500, sa trajectoire est ensuite bien rectiligne et sa vitesse uniforme jusqu'à l'entrée dans le nuage, à 7400 mètres.

Nous pouvons donc noter que la structure mammatus des 11 et 12 mai 1937 présente les anomalies suivantes :

a) Formation d'altostratus épais par temps de saison fraîche dans un courant de Nord-Ouest venant surmonter de l'alizé ;

b) Formation de cet altostratus *à l'intérieur* du premier courant et non dans la zone de séparation des deux airs ;

c) Apparition de mammato par situation non orageuse ;

d) Très longue durée de la structure mammatus.

IV. — Conclusions

Le phénomène que nous venons de décrire nous semble permettre la conclusion suivante : il y aurait dans le cumulonimbus, différents « mécanismes » distincts, fonctionnant habituellement ensemble, mais pouvant, dans certaines circonstances, avoir lieu séparément ; tel serait le cas entre autres, du « mécanisme mammatus » ; les 11 et 12 mai, se serait réalisée au-dessus de Tananarive, une expérience naturelle isolant ce mécanisme de ceux normalement concomitants.

Cette notion de mécanisme pourrait amener, nous le savons bien, à rechercher pour le cumulonimbus, une définition non plus formelle, mais dynamique ; elle pourrait entraîner à reconnaître dans un même nuage, des variations de formes, suivant les conditions climatériques, et en particulier elle pourrait

faire classer comme « incident régional » telle manifestation du cumulonimbus actuellement notée comme essentielle. (Cf. « L'orage du 30 avril 1936 à Fort-Lamy », par J. Gouault, n° 20 des *Annales de Physique du Globe* d'avril 1937, note au bas de la page 34) ; mais à Madagascar nous pouvons appuyer cette hypothèse par de nombreuses observations.

Signalons, entre autres, que nous reconnaissons un mécanisme de bourrelet de base (n° 18 des *Annales de Physique du Globe* de décembre 1936 ; « arcus » ? Atlas, p. 21), et que, par exemple, l'apparition d'un tel bourrelet sous des cumulus bourgeonnants *à plat* nous a permis d'en prévoir l'évolution vers le cumulonimbus, devenant d'ailleurs orageux, alors que les autres caractéristiques individuelles de ces nuages étaient en faveur de l'aplatissement et de la dissolution.

En ce qui concerne les mammato des 11 et 12 mai qui, nous le répétons, se sont formés en dehors de toute situation orageuse, nous pouvons cependant attirer l'attention sur deux manifestations qui se retrouvent dans les cumulonimbus ; ce sont, d'une part, les crochets du barographe et, d'autre part, sous l'influence d'un certain processus se produisant en altitude dans un courant de Nord-Ouest, les renforcements du vent au sol. Par là, nous croyons pouvoir dire que ces mammato participent dans une certaine mesure à un mécanisme de cumulonimbus ; d'autant plus que nous n'avons pas souvenir d'avoir vu, à Tananarive, des mammato dans des cumulonimbus venant de l'Est, c'est-à-dire se déplaçant avec le vent au sol, mais seulement dans ceux provenant des secteurs Nord à Ouest et Sud-Ouest, même lorsque le vent au sol était de direction opposée.

J. Mondain,
Service Météorologique, Madagascar.

Concentration de l'ion hydrogène dans les pluies recueillies à Fort-de-France

La concentration en ions hydrogène d'une solution est difficile à représenter directement puisqu'elle exigerait des nombres de 1 à 10^{12}. Elle est exprimée couramment par le logarithme vulgaire de son inverse, nombre auquel on donne le nom d'indice de Soereusen représenté par le symbole p_H.

Il s'ensuit que les solutions acides sont représentées par des nombres allant de 0 à 7, les solutions basiques par des nombres de 7 à 14 ; l'indice $p_H = 7$ correspondant à l'état rigoureusement neutre, l'eau distillée absolument pure devrait donc lui correspondre. Or, en faisant des déterminations soit par procédé électrométrique, soit par procédé colorométrique, on trouve pour l'eau distillée $p_H = 5,8$ (1). Il semble donc que l'on soit en droit de considérer l'eau pure comme un corps à caractère acide faible.

Il nous a paru intéressant d'utiliser l'indice de Soereusen pour chercher à suivre les variations de l eau de pluie tombant à Fort-de-France.

La pluie a été recueillie directement dans des tubes de verre neutre et dans des éprouvettes en verre ordinaire.

Les dosages ont été faits simultanément par le mélange des phosphates de Soereusen avec le rouge de phénol et par le bleu de thymol et le rouge de crésol.

Dates	p_H	Dates	p_H	Dates	p_H
3/ 8/34	6,4	23/ 2/35	6,4	15/ 8/36	6,2
7/ 8/34	6,2	27/ 2/35	6,4	30/ 8/36	6,4
17/ 8/34	6,4	4/ 3/35	6,2	4/ 9/36	6,0
21/ 8/34	6,2	5/ 3/35	6,4	15/ 9/36	6,2
28/ 8/34	5,8	8/ 3/35	6,6	19/ 9/36	5,8
5/ 9/34	6,6	18/ 3/35	6,4	26/ 9/36	5,8
6/ 9/34	6,4	1/ 4/35	5,8	4/10/36	5,6
16/ 9/34	6,2	5/ 4/35	5,6	13/10/36	5,8
23/ 9/34	5,8	7/ 4/35	6,0	28/10/36	6,0
26/ 9/34	6,0	13/ 4/35	6,2	2/11/36	5,4
5/10/34	6,6	27/ 4/35	6,4	10/11/36	6,2
10/10/34	5,8	3/ 5/35	6,2	22/11/36	6,2
19/10/34	5,8	9/ 5/35	5,8	20/12/36	6,0
24/10/34	6,0	14/ 6/36	6,2	25/12/36	6,4
30/10/34	5,8	20/ 6/36	5,6	4/ 1/37	6,0
4/ 1/35	6,0	24/ 6/36	5,8	10/ 1/37	5,8
10/ 1/35	6,4	3/ 7/36	5,8	22/ 1/37	5,4
13/ 1/35	6,2	14/ 7/36	6,4	14/ 2/37	5,8
2/ 2/35	5,8	20/ 7/36	6,2	20/ 2/37	5,6
16/ 2/35	6,4	8/ 8/36	6,6	23/ 2/37	5,6

A titre de comparaison, signalons qu'une note parue dans la *Météorologie* de novembre-décembre 1932 a donné le résultat de mesures effectuées à Strasbourg en 1930, par M. A. Riegert. Les p_H trouvés oscillent entre 5,2 et 5,8.

A. Romer,
Chef du service de Physique du Globe, Fort-de-France (Martinique).

(1) Kling, *C. R. Ac. Sc.*, tome 189, p. 637.

Lignes de déviation magnétique en Afrique tropicale française

Le Gouvernement Général de l'A. O. F. a autorisé récemment la mise en vente d'une carte magnétique du Sahara Mauritanien et Soudanais, dressée par le Service géographique de la colonie (1).

Ce document, établi à l'échelle du 1/2.500.000, couvre les territoires africains situés à l'Ouest du 2° long. W. Greenwich entre les latitudes 16° et 26°30' Nord. Il vient compléter nos connaissances relativement à une partie peu étudiée de notre domaine africain, et comble la seule incertitude que la très remarquable carte magnétique d'ensemble de l'Afrique Continentale française, dressée par Mme Salles-Homery, avait laissé subsister (2).

Je signale en passant que ce dernier travail diffère de celui du Service géographique de l'A. O. F., en ce sens que les isogones y sont nettement plus espacées (5° environ entre Saint-Louis et Taodeni, au lieu de 6°40 environ). Par contre, l'allure générale des isogones est concordante.

En dehors des indications de détail qu'il vient apporter sur la déclinaison de la vaste région représentée (près de 150 degrés carrés), le document du Service géographique de l'A. O. F. met en évidence deux types d'anomalies sur lesquels il semble bon d'attirer l'attention.

***

Le premier est caractérisé par une subite augmentation — très localisée — de la déclinaison et cela en des points répartis d'une façon très sporadique : près de 2° à Agmar, 11° au Sud-Est de la Guelta de Zemmour, 20° à l'Est d'Oum Dferate. On en est évidemment réduit aux hypothèses quant aux causes de ces anomalies, mais la seconde et la troisième au moins pourraient bien être dues à la présence de roches magnétiques. C'est le cas des anomalies locales signalées autrefois par le capitaine Schwartz, en Guinée française et par moi-même au Sénégal (3). C'est probablement aussi le cas de celles portées par M. Bruel dans sa carte des isogones de l'Afrique Equatoriale Française (1). La question mériterait d'être examinée de près, puisqu'elle peut conduire à la découverte de gîtes métallifères exploitables.

***

Le second type d'anomalies est constitué cette fois par des déformations également localisées des isogones, mais au lieu de se traduire par des courbes fermées, ce sont simplement des déviations brutales intéressant des isogones à peu près rectilignes et y déterminant des décrochements latéraux ou des boucles plus ou moins ouvertes.

On peut objecter que ces anomalies sont fréquentes sur toutes les cartes d'isogones et que les endroits où elles ont été figurées en Mauritanie traduisent simplement une plus grande précision dans les mesures. Cependant, elles offrent encore cette particularité impressionnante d'être disposées suivant des lignes à peu près droites, plus ou moins perpendiculaires à la direction générale des isogones, lignes qui se prolongent par des ondulations encore sensibles dans les régions où les boucles ont disparu.

Une première ligne de semblables anomalies s'étend depuis les environs de Fort-Gouraud jusqu'à Aïoun Abd el Malek, sur une longueur de près de 600 kimètres ; une autre ligne, où les déviations sont beaucoup plus accentuées, peut être suivie depuis Akjoujt jusqu'à Terhazza, sur environ 1.200 kilomètres de longueur.

L'extension considérable de ces lignes d'anomalies méritait d'être signalée ici. Mais il y a mieux.

Il paraît utile, en effet, d'attirer l'attention sur ce fait que ces lignes coïncident avec les grands accidents tectoniques de la région. En effet :

1° Le plus septentrional des décrochements vers l'Ouest, c'est-à-dire la ligne suivant laquelle la déclinaison est brusquement en défaut, coïncide très exactement avec l'anticlinal de fond des Eglab (2).

2° Le plus méridional des décrochements vers

(1) Afrique Occidentale Française. Carte magnétique, Sahara Mauritanien et Soudanais.

(2) Mme G. Salles-Homery. — Le magnétisme terrestre dans la France d'Outre-Mer. *Ann. Phys. Globe France d'Outre-Mer*, 1935, N° 8, p. 46.

(3) H. Hubert. — Causes des variations de la déclinaison magnétique, *Annuaire et Mém. du Comité d'Et. hist. et sc. de l'A. O. F.*, 1919, p. 95.

(1) Georges Bruel. — La France équatoriale africaine, p. 9.

(2) N. Menchikoff. — Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara oriental. *Rev. géogr. phys. et géol. dyn.*, 1930, p. 103.

l'Ouest coïncide avec la partie haute de la falaise du Kreb en Nega.

3° Le plus septentrional des décrochements vers l'Est (déclinaisons en excès) coïncide avec la ligne d'effondrement s'étendant entre les deux falaises du Hank et du Kreb en Nega.

4° Le plus méridional des décrochements vers l'Est coïncide avec la bordure Nord du synclinal Taodeni-Rkiss, masqué dans l'Ouest par des dépôts plus récents, mais qui se prolonge certainement au delà comme direction tectonique.

5° Enfin, on devra noter que, si faute de mesures faites sur le terrain il est impossible de dire que les lignes d'anomalies ci-dessus se prolongent effectivement dans l'Est, on constate toutefois qu'elles sont rigoureusement dans la direction des anomalies de l'anticlinal du Hoggar, de sorte que si elles faisaient partie du même ensemble — comme on peut le présumer — elles s'étendraient sur une longueur totale de l'ordre de 2.000 kilomètres.

***

J'ai eu la curiosité d'examiner les autres lignes de déviations brutales des isogones en Afrique Continentale française. L'une d'elles, mise en évidence en Afrique Occidentale notamment par les travaux de MM. Fauchon, Bruel et Nevière (1), s'étend sur près de 600 kilomètres, du Gourounsi au Liptako, et se trouve superposée au grand anticlinal de fond de Léo (2). Son prolongement dans le Sud-Ouest continue à se superposer à cet anticlinal et atteint les déviations brusques de la région de Beyla. Dans le Nord-Ouest, le prolongement aboutit à la zone de déviations magnétiques In-Azaoua-Aïr (3), ce dernier massif constituant, lui encore, une zone anticlinale. Les points extrêmes qui jalonnent cette ligne d'anomalies sont à environ 2.400 kilomètres l'un de l'autre.

En dehors de l'A. O. F., on trouve une zone d'anomalies le long d'une ligne qui correspond en Nigéria avec l'axe de l'anticlinal de la région de Bauchi, ligne sur le prolongement de laquelle s'observent des anomalies comparables dans l'anticlinal du Ouadaï, à 1.500 kilomètres plus à l'Est.

(1) R. Fauchon. — Première contribution à l'étude du magnétisme terrestre au Soudan français. *Bull. Comité Et. Hist. et Sc. de l'A. O. F*, 1926, p. 9.

J. Nevière. — Première contribution à l'étude du magnétisme terrestre en Haute-Volta, *ibid.*, 1928, p. 485.

(2) H. Hubert. — A. O. F. et Togo, in *La Géologie et les Mines de la France d'Outre-Mer*, Paris, 1932, p. 205.

(3) N. Villatte. — Contribution à l'étude du magnétisme terrestre dans le Sahara. *La Géographie*, XXV, n° 3, p. 180.

***

Au Sud du 10e parallèle, l'examen des cartes d'isogones établies par M. Bruel (1) permet de mettre en évidence deux autres lignes d'anomalies, également fort étendues.

La première est parallèle au Congo et à l'Oubangui, entre Brazzaville et Bangui (1.200 kil.). On peut sans doute la considérer comme correspondant à la grande ligne de fracture du Congo.

La seconde s'étend des environs de Libreville jusqu'au delà de Fort Crampel (1.400 kil.). Elle correspond assez bien au développement général des zones de schistes métamorphiques qui bordent l'anticlinal cristallin du Cameroun, et c'est là encore une analogie avec les caractères observés à propos de l'anticlinal de Léo. Une autre analogie est marquée par l'existence, à chaque extrémité de la ligne d'anomalie congolaise, d'une petite zone anticlinale cristalline. Toutefois, la probabilité est moins nette ici entre les conditions tectoniques et le magnétisme terrestre.

***

Le mot « probabilité » vient d'être employé à dessein, parce qu'on n'a pas la preuve matérielle, évidente, d'une relation de cause à effet entre les concordances qui viennent d'être indiquées, mais on voudra bien admettre qu'il y a là les éléments d'une hypothèse de travail intéressante. Elle peut en effet suffire à attirer l'attention des géologues sur la présence d'accidents tectoniques de grande envergure que des observations locales ne suffiraient pas à mettre en évidence.

Bien entendu les lignes de déformation des isogones qui viennent d'être signalées pour l'Afrique tropicale française sont des accidents géographiquement stables, permanents, dépendant de particularités de structure de la croûte terrestre et, par conséquent, liés à cette dernière. Ils ne participent pas au mouvement de déplacement en bloc des isogones vers l'Ouest, dont il a été question précédemment dans ces *Annales* (2) et que la confrontation de documents anciens me permet aujourd'hui de considérer comme ayant été continu depuis l'époque où ont été consignées les premières observations faites à la boussole.

Henry Hubert.

(1) *Ouvrage cité.*

(2) H. Hubert. — Une carte du XVIIIe siècle donnant la déclinaison magnétique en Afrique. *Ann. Phy. Glo. France Outre-Mer*, 1935, p. 53.

NOTES ET INFORMATIONS

L'Académie des Sciences a décerné, en 1937, le prix Tchihatchef à M. Etienne Bruzon, Directeur du Service météorologique de l'Indochine, pour ses voyages, travaux et publications relatifs au climat de cette colonie.

Un nouveau concours pour le recrutement d'ingénieurs-météorologistes adjoints stagiaires aura lieu les 15 et 16 avril 1938.

La **ligne aérienne Dakar-Pointe Noire** a été ouverte au trafic des passagers. Elle se trouve en liaison, à Dakar, avec la ligne Toulouse-Amérique du Sud, et, à Cotonou, avec une « bretelle » qui rejoint Niamey, où passe la ligne Air-France, qui va d'Alger à Madagascar, par l'A. E. F.

Le **Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies** s'est réuni le 26 octobre 1937, au Palais de l'Institut, sous la présidence de M. A. Lacroix, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. De nombreuses questions, relatives à l'activité des services d'Outre-Mer et aux améliorations à apporter à leur fonctionnement ont été examinées.

Par **arrêté du 29 octobre 1937**, le Ministre des Colonies a modifié les dispositions de l'arrêté du 13 octobre 1922 fixant les conditions du concours pour le recrutement des ingénieurs-météorologistes. D'après le nouveau texte, les météorologistes des cadres locaux remplissant les conditions pour se présenter à ce concours pourront passer les épreuves écrites dans la colonie où ils sont en service.

La **Commission de l'Observatoire de la Martinique** s'est réunie le 9 octobre 1937 au Palais de l'Institut, sous la présidence de M. A. Lacroix, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. Après avoir délibéré elle a émis un avis au sujet de la répartition des charges de cet Observatoire.

Un **Comité d'Outre-Mer** a été institué auprès du Conseil Supérieur de la Recherche Scientifique, par décret du 25 septembre 1937. Ce Comité donne son avis sur toutes les questions qui lui sont soumises et présente des propositions de répartition des subventions pour les recherches relatives à la France d'Outre-Mer. Il comprend les 7 sections suivantes :

1° Géographie, géodésie, astronomie, physique du globe, protection des sites ;

2° Géologie, minéralogie, mines, pédologie ;

3° Botanique, biologie végétale, agronomie, forêts, protection de la faune ;

4° Zoologie, biologie animale, zootechnie, art vétérinaire, pêcheries, protection de la faune ;

5° Médecine, bactériologie, parasitologie, biotypologie, hygiène, pharmacie ;

6° Ethnologie, philologie, archéologie, religion, histoire ;

7° Démographie, sciences sociologiques, juridiques, économiques et statistiques.

La première **Conférence Internationale pour la Protection contre les calamités naturelles** s'est réunie à Paris, du 13 au 17 septembre 1937.

Certains des vœux adoptés concernent d'une manière toute spéciale la Physique du Globe. Ils sont notamment relatifs :

A l'obligation de faire des constructions spéciales dans les régions séismiques ;

A l'organisation des Services météorologiques en vue d'améliorer les méthodes actuelles et les avertissements des inondations et des avalanches ;

A l'établissement de cartes des régions sinistrées ;

A l'orientation de l'aviation vers la lutte contre la grêle ;

A la mise en état de défense contre l'incendie des massifs forestiers, en particulier ceux nécessaires à la régularisation du régime des eaux et des vents ;

A l'envoi d'une mission d'étude de la capture du Logone par la Bénoué.

Par arrêté du Ministre des Colonies, en date du 29 septembre 1937, les ingénieurs-météorologistes stagiaires admis à la suite de concours de juin 1937 ont reçu les affectations suivantes :

MM. Scheidecker, Indochine ; Schatzkine, A. O. F. ; Mertz, A. O. F. ; Calmettes, Côte française des Somalis ; Foucart, A. E. F.

BIBLIOGRAPHIE

DEBRACH (J.). — **Note préliminaire sur les variations de la transparence de l'atmosphère pour le rayonnement solaire à Casablanca.** (*C. R. Cong. Ass. Fr. pour Avanc. Sc.*, Nantes, 1935.

L'absorption qu'exerce l'atmosphère sur le rayonnement solaire est due à différentes causes : diffusion par les molécules des gaz permanents, diffusion par les poussières et les diverses impuretés, absorption sélective des gaz ou des vapeurs (CO^2, O^3, H^2O). La formule de Bouguer $I_m = Iop^m$ ne peut être appliquée en toute rigueur qu'à des radiations monochromatiques où à un intervalle étroit de longueur d'onde. Pour une hauteur du soleil d'environ 42°, on a pour valeur moyenne de la transparence 0,765 ; les valeurs sont plus élevées pendant la saison froide (0,80) que pendant la saison chaude (0,74). La variation annuelle présente un maximum très net en hiver (0,81) et un maximum secondaire à la fin de l'été (août : 0,76) suivi du minimum annuel (septembre : 0,70). Cette variation s'explique en gro spour les variations de la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère, elle n'est pas en contradiction avec l'impression visuelle de luminosité.

***

DEBRACH (J.) et BIBAULT (G.). — **Types de temps d'hiver favorables aux gelées.** (*Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 15 septembre 1935.

Suivant que le Maroc se trouve dans l'air tropical ou dans l'air polaire, la variation diurne de la température et le refroidissement nocturne se présentent de manière très différente : l'amplitude est plus grande pour l'air polaire.

***

PETITJEAN (L.). — **Sur la variation comparée des anomalies de la pression barométrique et de l'activité solaire.** (*C. R. Ac. Sc.* 1937, T. 204, p. 141).

Les déplacements, au cours du temps, des domaines positifs et négatifs d'anomalies de la pression barométrique à la surface du globe s'effectuent suivant des mouvements d'ensemble réguliers, lesquels sont en relation avec l'activité solaire. De 1884 à 1892, l'air polaire fut plus actif que l'air tropical lorsque le nombre de taches solaires présenta une diminution plus rapide ou un accroissement plus lent ; l'air tropical fut, au contraire, plus actif pour un accroissement plus rapide ou pour un décroissement plus lent du nombre des taches.

LAGRULA (Jean). — **Mesures de l'intensité de la pesenteur effectuées en Afrique du Nord durant l'année 1936.** (*C. R. Ac. Sc.* 1937, T. 204, p. 108).

La carte représentant le résultat des mesures met en évidence plusieurs anomalies : — 100 milligals dans la région de l'Atlas Saharien. Au Sud de cette chaîne, anomalies plus faibles : — 26 milligals à Beni-Abbès. Anomalie positive à Touggourt (+ 41 milligals), due à la proximité du golfe de Gabès.

***

BOSSOLASCO (Mario). — **Sulla struttura del vento al suolo nella regione di Mogadiscio.** (Année polaire internationale 1932-1933 ; participation italienne. Turin, 1936).

Examen de la structure caractéristique des courants aériens dominants dans la région de Mogadiscio (Somalie italienne) : moussons de S.-W. et de N.-E. Ce travail est accompagné de graphiques concernant les rapports entre la moyenne horaire de la vitesse du vent en fonction des extrêmes de la vitesse instantanée. D'autres courbes donnent la distribution de la fréquence en fonction des extrêmes horaires de la vitesse instantanée et de la moyenne horaire correspondante pour les deux moussons.

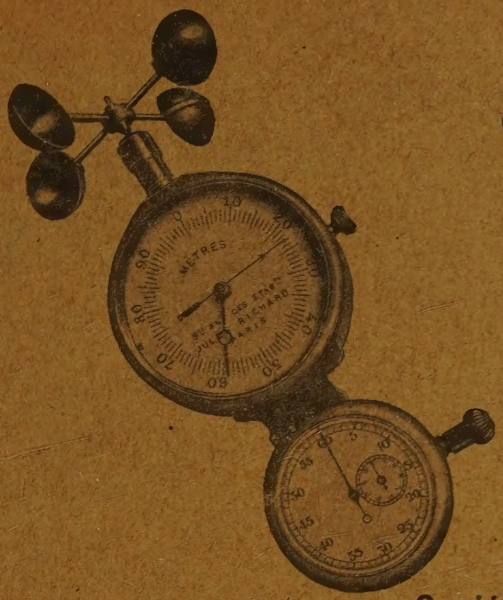
***

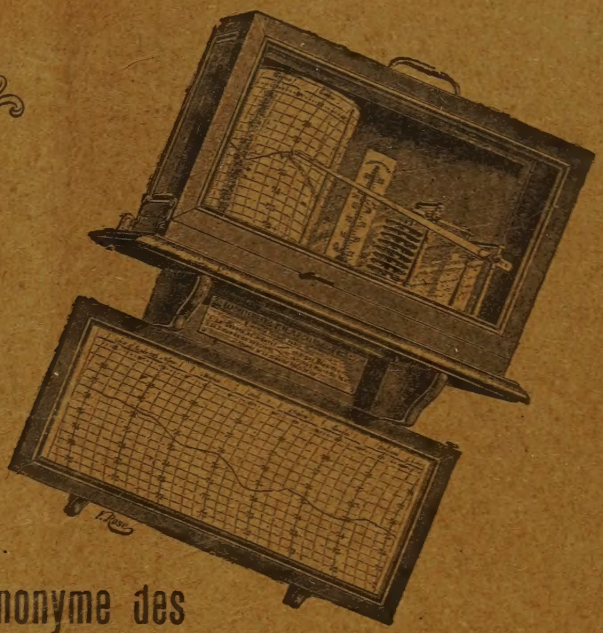
MORIN (Dr Henry G. S.) et CARTON (P). — **De l'influence des facteurs climatiques sur la répartition de l'endémie palustre en Indochine** (*Far East. Assoc. Trop. Med. Nanking*, 1934, 2, pp. 145-158).

Cette note comporte des données très complètes sur la climatologie du paludisme en Indochine. Le climat agit à la fois sur l'homme, sur l'insecte et sur le virus de sorte que toute une gamme de situations palustres peuvent s'échelonner, avec les mêmes agents vecteurs, depuis l'insalubrité notoire jusqu'à la salubrité la plus authentique, en passant par les salubrités douteuses. Un même insecte, suivant les conditions locales, se montre actif, virulent, transmetteur de paludisme ou tout à fait inoffensif. Il faut aussi, dans certains cas, chercher l'action du climat, moins sur l'insecte souvent très abondant, ou sur le virus, que sur l'organisme humain contaminé.

L'Éditeur-Gérant : R. PINARDON.

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze, 121-123, rue Pierre-Loti. — 1938





Société Anonyme des

Etablissements Jules RICHARD

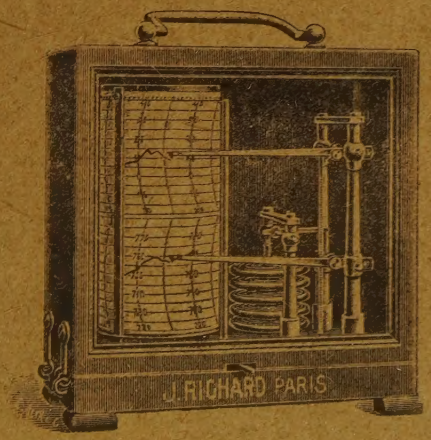
25, Rue Mélingue, PARIS (20e)

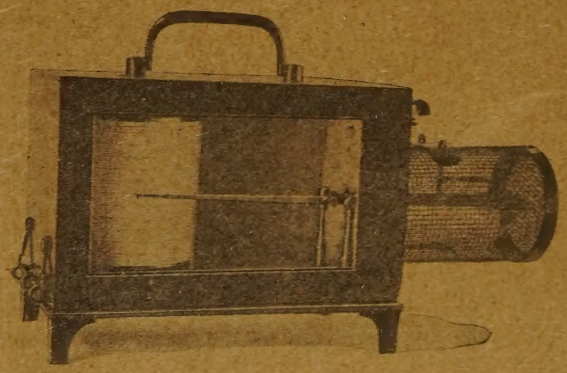
Tél. : Botzaris 88-80 — Tél. : Botzaris 88-80

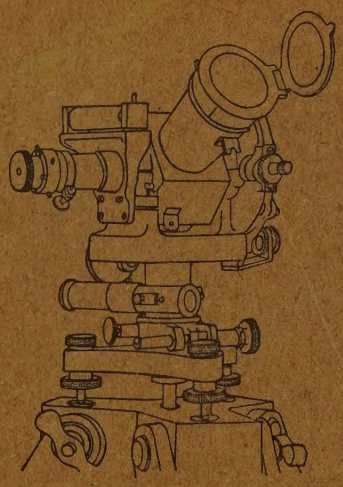
INSTRUMENTS DE PRÉCISION

de Mesure et de Contrôle

pour les Sciences et l'Industrie







A. BERTHELEMY - LORIEUX - PONTHUS et THERRODE

Etabts Albert LEPETIT & Cie

Société en commandite simple. Capital 1.000.000 de francs

Constructeurs

20, Rue Marie Debos, à Montrouge (Seine)

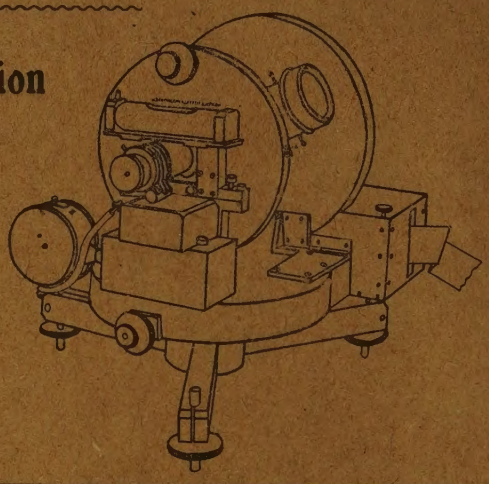
Tél. Alésia 26-37 et 26-38 — Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

Instruments de Précision

pour

— la Topographie, la Marine —
l'Aviation, la Météorologie, etc...



THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B

ROSENMULLER
DRESDEN

ANÉMOMÈTRES
POUR TOUTES VITESSES
(à partir de 0,02 m/sec.)

GIROUETTES

TUBES DE PITOT

MICROMANOMÈTRES

LAMBRECHT
GÖTTINGEN

HYGROMÈTRES

PSYCHROMÈTRES

BAROMÈTRES

PLUVIOMÈTRES

EVAPOROMÈTRES

HÉLIOMÈTRES

A. OTT
KEMPTEN

PLANIMÈTRES
INTÉGRAPHES
ANALYSEUR-HARMONIQUE

—

ENREGISTREUR
DE MARÉE ET DE HOULE

—

APPAREILS
POUR L'ÉTUDE
DES COURANTS D'EAU

J. BAROT

Représentant exclusif
pour la France et les Colonies

20, Rue de Varenne, PARIS (7e)

Catalogues franco sur demande

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze. — 1938.